

ACADEMY OF PEDAGOGICAL
SCIENCES OF THE R.S.F.S.R.
Institute of Psychology

ACADEMY OF SCIENCES OF THE U.S.S.R.
Council for Cybernetics

L. N. LANDA

ALGORITHMS AND TEACHING

Edited by
B. V. GNEDENKO and B. V. BIRYUKOV

„PROSVESHCHENIYE" PUBLISHING
HOUSE
MOSCOW 1966

АКАДЕМИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ
НАУК РСФСР
Институт психологии

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
Научный совет по кибернетике

Л. Н. ЛАНДА

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ В ОБУЧЕНИИ

Под общей редакцией
и со вступительной статьей
Б. В. ГНЕДЕНКО и Б. В. БИРЮКОВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО „ПРОСВЕЩЕНИЕ" МОСКВА 1966

*Публикуется по рекомендации Ученого совета
Института психологии Академии
педагогических наук РСФСР
и Научного совета по кибернетике
Академии наук СССР*

ОГЛАВЛЕНИЕ

Б. В. Гнеденко, Б. В. Бирюков. Об алгоритмическом подходе к обучению (вступительная статья)	9
Предисловие автора	17

I. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Раздел I. Алгоритмы и процесс управления

<i>Глава I.</i> Проблема обучения учащихся методам мышления.	
Методы алгоритмического и неалгоритмического характера	23
§ 1. Значение обучения учащихся методам мышления	—
§ 2. Характерные черты алгоритмических методов	24
§ 3. Особенности неалгоритмических методов и их роль в решении задач	30
<i>Глава II.</i> Предписания алгоритмического типа	34
§ 1. Понятие предписания алгоритмического типа	—
§ 2. Об относительности понятия элементарной операции. Критерии элементарности операций	36
§ 3. Формальное и содержательное в предписаниях алгоритмического типа	39
<i>Глава III.</i> Алгоритмические предписания, алгоритмические описания и алгоритмические процессы	41
§ 1. Основные понятия	—
§ 2. О способах описания алгоритмических процессов	42
§ 3. О возможностях алгоритмического описания деятельности преподавателя	45
§ 4. Значение алгоритмического описания деятельности преподавателя и деятельности учащихся для программированного обучения	47
<i>Глава IV.</i> Особенности управляемых объектов, характер информации о процессе управления и типы алгоритмов	51
§ 1. Проблема классификации алгоритмов в зависимости от условий и типов управления	—
§ 2. Управление с полной информацией	52
Алгоритмы управления объектами со строго детерминированными переходами	—
Алгоритмы управления объектами с не строго детерминированными переходами	53
Зависимость строения управляющих систем от типов алгоритмов	55
§ 3. Управление с неполной информацией	57
§ 4. Некоторые особенности обучения и самообучения человека и автоматов	58
<i>Глава V.</i> Алгоритмы преобразования и алгоритмы распознавания	64

Раздел II. Некоторые вопросы теории обучения учащихся алгоритмам

<i>Глава VI.</i> Проблема целесообразности обучения алгоритмам	67
§ 1. Типы задач с точки зрения возможности и целесообразности их решения посредством алгоритмов	—
§ 2. Условия целесообразности обучения алгоритмам	76
<i>Глава VII.</i> Значение и пути обучения алгоритмам в школе	83
§ 1. Значение обучения алгоритмам в школе	—
§ 2. Пути обучения алгоритмам и влияние такого обучения на формирование определенных качеств мыслительной деятельности учащихся	88
§ 3. О задачах, допускающих решение посредством различных последовательностей одних и тех же операций	91
§ 4. Индивидуализация в обучении алгоритмам	93
§ 5. Соотношение понятия «алгоритм» с понятиями «умение» и «навык»	94
§ 6. Проблема специального обучения учащихся алгоритмам распознавания	95

Раздел III. Логические и психологические проблемы построения алгоритмов распознавания

<i>Глава VIII.</i> Признаки явлений. Логические структуры признаков	101
§ 1. О понятии «признак»	—
§ 2. Отбор признаков. Некоторые критерии отбора	103

§ 3. Понятие логической структуры признаков. Типы логических структур признаков	106
Глава IX. Недостатки раскрытия логических структур признаков в учебниках	112
§ 1. Определения, в которых не указан логический союз	—
§ 2. Определения, в которых логические союзы и и или выражены различными грамматическими союзами	113
§ 3. Определения с неправильно раскрытой структурой признаков	115
Глава X. О закономерном соответствии методов распознавания явлений логическим структурам их признаков	117

Раздел IV. Математические методы построения и оценки алгоритмов распознавания

Глава XI. Значение количественных методов анализа и оценки алгоритмов распознавания	123
Глава XII. Оптимизация распознающего поиска	129
§ 1. Поиск в условиях альтернативного выбора	130
1. Оптимальная стратегия дизъюнктивного поиска	—
2. Оптимальная стратегия конъюнктивного поиска	134
3. Оптимальная стратегия дизъюнктивно-конъюнктивного поиска	136
4. Оптимальная стратегия конъюнктивно-дизъюнктивного поиска	137
§ 2. Поиск в условиях множественного выбора	138
1. О некоторых понятиях теории информации	—
2. О методе расчета оптимальной стратегии распознавания в условиях множественного выбора	141
Глава XIII. О вероятностных механизмах мыслительной деятельности в процессе восприятия и распознавания явлений	154

II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Раздел I. Постановка экспериментального обучения и исследования

Глава XIV. Задачи и методика экспериментального обучения	161
§ 1. Задачи эксперимента	—
§ 2. Материал и методика эксперимента	162
Глава XV. Формирование у учащихся понятия о признаках и их логических структурах. Обучение методам рассуждения, определяемым логическими структурами признаков явлений	164
§ 1. Ошибки учащихся, вызванные отсутствием определенных логических знаний и соответствующих им логических умений и навыков	—
§ 2. Построение и ход «логического урока»	166
Глава XVI. Изучение темы «Виды простых предложений»	181
§ 1. Обоснование методики обучения	—
§ 2. Описание хода уроков (основные фрагменты)	186
1. Определенно-личные предложения I типа. Назывные предложения	—
2. Определенно-личные предложения II типа	194
3. Неопределенно-личные предложения	197
4. Безличные предложения	203
5. Неполные предложения	207
Глава XVII. Изучение темы «Сложносочиненное предложение»	209
§ 1. Обоснование методики обучения	—
§ 2. Описание хода уроков (основные фрагменты)	222
1. Сложносочиненные предложения I типа	—
2. Сложносочиненные предложения II типа	230
3. Сложносочиненные предложения III типа	232
4. Сложносочиненные предложения IV типа	235
Глава XVIII. Некоторые пособия и технические средства для обучения методам мышления	240
§ 1. «Тетради для самостоятельной работы» как средство пооперационного формирования методов мыслительной деятельности	—
§ 2. Обучающая машина «Репетитор-1»	246
Глава XIX. Проблема расчленения мыслительной деятельности на элементарные операции в экспериментальном обучении	250

Раздел II. Результаты экспериментального обучения и исследования

<i>Глава XX.</i> Сравнительный анализ результатов обучения в экспериментальных и контрольных классах	255
§ 1. Количественные данные	—
§ 2. Качественный анализ	258
<i>Глава XXI.</i> Некоторые особенности усвоения методов мышления учащимися экспериментальных классов	273
§ 1. О причинах ошибок учащихся экспериментальных классов	—
§ 2. Отношение учащихся к примененной методике обучения	277
Заключительные замечания	280
Литература	287

CONTENTS

Foreword by the editors	9
Introduction	17

PART I. THEORY

Section 1. Algorithms and Control Process

Chapter I. Instructing Students in General Methods of Reasoning. Algorithmic and Non-algorithmic Methods	23
§ 1. The problem of training students in methods of reasoning	—
§ 2. Algorithmic methods	24
§ 3. Non-algorithmic methods	30
Chapter II. Quasi-algorithm Prescriptions	34
§ 1. Concept of quasi-algorithm prescription	—
§ 2. Elementary mental operation: its concept and criteria	36
§ 3. Formal and content aspects in quasi-algorithm prescriptions	39
Chapter III. Algorithmic Prescriptions, Algorithmic Descriptions and Algorithmic Processes	41
§ 1. Basic concepts	—
§ 2. Methods of algorithmic description of phenomena	42
§ 3. Algorithmic description of the teaching process	45
§ 4. Algorithmic description of the teacher's and pupil's activity in the processes of instruction: its role in programmed instruction	47
Chapter IV. Types of Algorithm	51
§ 1. The problem of classification of algorithms in relation to the conditions and types of control	—
§ 2. Control with complete information available	52
Algorithms to control objects with determined transitions of state	—
Algorithms to control objects with non-determined transitions of state	53
Structure of control systems as a function of the type of algorithm	55
§ 3. Control with incomplete information available	57
§ 4. Peculiarities of instruction and self-instruction in man and machine	58
Chapter V. Algorithms of Transformation and Algorithms of Identification	64

Section II. Theory of Instructing Students in Algorithms

Chapter VI. Expediency of Instructing Students in Algorithms	67
§ 1. A classification of thought-problems	—
Problems for which algorithms cannot be or have not yet been constructed	—
Problems to be solved with the help of algorithmic procedures	—
Problems solvable with algorithms beyond practical realisation	69
Problems solvable by algorithms, but not expedient for algorithmic procedure	—
§ 2. Conditions under which teaching in algorithms is expedient	76
Chapter VII. Teaching of Algorithms in School	83
§ 1. Do school-children need algorithms?	—
§ 2. Pupils' reasoning ability as a function of instruction in algorithms.	—
Some ways to teach algorithms	88
§ 3. On thought-problems solvable by a set of differently arrangeable operations	91
§ 4. Individualisation in the teaching of algorithms	93
§ 5. Interrelation between the concept of "algorithm" and the concepts of "ability" and "skill"	94
§ 6. On the teaching of algorithms of identification	95

Section III. Logical and Psychological Problems of Constructing Algorithms for Identification

Chapter VIII. Indicative Features of Phenomena and Their Logical Structures	101
§ 1. The concept of indicative features	—
§ 2. Selection of indicative features	103
§ 3. Logical structures of indicative features: concept and classification	106
Chapter IX. Disadvantages in Revealing Logical Structures of Indicative Features in Textbooks	112
§ 1. Definitions in which no logical operator is mentioned	—

§ 2. Definitions in which logical operators «и» ("and") and «или» ("or") are expressed by different conjunctions	113
§ 3. Definitions with incorrectly described structures of indicative features	115
<i>Chapter X. Methods of Identification as a Function of the Logical Structure of Indicative Features</i>	117

Section IV. Mathematical Methods of Construction and Evaluation Algorithms of Identification

<i>Chapter XI. The Importance of Quantitative Methods of Analysis and of the Evaluation of the Efficiency of Algorithms</i>	123
<i>Chapter XII. Optimisation of the Process of Identification</i>	129
§ 1. Identification in alternative selection	130
1. Optimal strategy of identification when the structure of indicative features is disjunctive	—
2. Optimal strategy of identification when the structure of indicative features is conjunctive	134
3. Optimal strategy of identification when the structure of indicative features is disjunctive-conjunctive	136
4. Optimal strategy of identification when the structure of indicative features is conjunctive-disjunctive	137
§ 2. Identification in multiple selection	138
1. Some concepts of information theory	—
2. A method of calculating the optimal strategy of identification in multiple selection	141
<i>Chapter XIII. Probability Mechanisms of Mental Activity in the Process of Perception and Identification of Phenomena</i>	154

PART II. RESEARCH FINDINGS

Section I. Organisation of Experimental Teaching and Research

<i>Chapter XIV. Objects and Methods of Experimental Teaching</i>	161
§ 1. Objects of experiment	—
§ 2. Material and methods of experiment	162
<i>Chapter XV. Forming in the Students the Concept of Indicative Features and Their Logical Structure</i>	164
§ 1. Students' errors due to the lack of definite logical knowledge and of the corresponding abilities	—
§ 2. Construction and procedure of a "logical lesson"	166
<i>Chapter XVI. Studying the Subject: "Types of Simple Sentence"</i>	181
§ 1. Substantiation of the teaching methods	—
§ 2. Description of the procedure of a lesson (basic fragments)	186
<i>Chapter XVII. Studying the Subject: "Compound Co-ordinated Sentence"</i>	209
§ 1. Substantiation of the teaching methods	—
§ 2. Description of the procedure of a lesson (basic fragments)	222
<i>Chapter XVIII. Certain Aids and Technical Means for Teaching Algorithms</i>	240
§ 1. "Self-instruction copy-book" as a means of forming algorithms, operation by operation	—
§ 2. Teaching machine «Репетитор-1» ("Tutor-1")	246
<i>Chapter XIX. The Problem of Splitting Mental Activity into Elementary Mental Operations in the Course of Experimental Teaching</i>	250

Section II. Results of Experimental Instruction and Research

<i>Chapter XX. Comparative Analysis of the Results of Teaching in Experimental and Ordinary Classes</i>	255
§ 1. Quantitative data	—
§ 2. Qualitative data	258
<i>Chapter XXI. Specific Aspects of Assimilating Algorithms by the Students of Experimental Classes</i>	273
§ 1. The causes of student errors in experimental classes	—
§ 2. Students' attitude towards the methods of experimental instruction	277
Concluding remarks	280
Bibliography	287

ОБ АЛГОРИТМИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ К ОБУЧЕНИЮ

(вступительная статья)

1. Вопросы интенсификации обучения в наше время приобретают исключительно большое значение. Это объясняется не только тем, что обучение стало массовым, но и, прежде всего, тем, что во многом изменились, усложнились и расширились те задачи, которые выдвигает общество перед своими членами. Иными стали условия обучения, его объем и характер. Чему обучать учащихся и как обучать — эти вопросы стоят сейчас как никогда остро. Необходимо учитывать и то, что сейчас в школу приходят дети, уже обогащенные большим количеством знаний и навыков, неплохо представляющие себе такие вещи, о которых и понятия не имели взрослые каких-нибудь тридцать-сорок лет тому назад. Современные дети младшего возраста, встречаясь буквально на каждом шагу с диаграммами и таблицами, уже понимают их смысл; они знают не только, что такое телевизор и синтетические материалы, они имеют представление о различных науках (о них говорят по радио, их достижения показывают по телевизору), им знакомо (пусть в самой элементарной форме) то, какие задачи стоят перед этими науками и как ученые пытаются их решать. Наши дети с успехом овладевают отнюдь не простыми правилами логических игр и, искусно применяя их, зачастую систематически обыгрывают взрослых. Естественно, что школа не может отмахнуться от всего этого и обучать детей так, словно ничего не изменилось.

Весьма важно отметить и следующее. В настоящее время в ряде областей не только теоретической, но и практической деятельности к работникам различных рангов предъявляются исключительно высокие требования с точки зрения отточенности их мышления и рациональной организации их труда. Эти требования предполагают умение проводить сложные рассуждения, осуществлять логический анализ данных различных задач. На этой основе работник должен уметь принимать соответствующие решения и реализовывать их в практических действиях. Вспомним хотя бы профессию наладчика станков или профессии, связанные с обслуживанием автоматических линий в современном производстве. Успешный поиск неисправности в сложном оборудовании, например, уже не может осуществляться лишь на основе интуиции или слепого поиска. Современная техника требует от работника владения эффективными регулярными приемами рассуждений и действий, применение которых позволяет в любой (предусмотренной данным приемом) ситуации достичь требуемой цели. При этом существенно, чтобы работник умел находить наилучшие в определенных отношениях — как говорят, оптимальные — пути и средства решения стоящей перед ним задачи. Современное производство предъявляет настоячивые требования как к инженерно-техническому персоналу, так и к рабочим в том направлении, чтобы они умели применять алгоритмические приемы мышления, т. е. такие приемы, которые дают человеку единый общий метод решения целой серии однородных задач, отличающихся друг от друга лишь значениями некоторых параметров, характеризующими начальные условия и ход решения данной задачи. Аналогичную ситуацию мы наблюдаем сейчас и во многих других областях. Работники самых различных квалификаций самым ходом дела вынуждены применять в своей работе алгоритмические приемы решения стоящих перед ними проблем. Чтобы далеко не ходить за примером, укажем на работу врача. Внимательное знакомство с деятельностью любого хорошего диагноста убеждает в том, что он, зачастую не отдавая себе в этом отчета, пользуется в своей работе определенными общими методами, алгоритмическими приемами постановки диагноза.

Привычка пользоваться алгоритмическими приемами в практической работе становится требованием эпохи, мимо которого школа пройти не может. Это тем более так, что обучение простейшим алгоритмам и использование их в школьной работе дисциплинирует школьника, приучает его к порядку и организованности мышления. Больше того, с полным основанием можно утверждать, что оно вырабатывает особый стиль мыслительной деятельности: мышление перестает быть чем-то неопределенным, аморфным, оно приобретает более четкие формы, становится управляемым.

Алгоритмизация в обучении — а именно обучение алгоритмам и построение алгоритмов самого обучения — это только одна сторона того процесса, который можно назвать внедрением точных методов в педагогику. Известно, что педагогическая наука накопила на протяжении истории огромный опыт. Не менее очевиден, с нашей точки зрения, и тот факт, что этой науке до последнего времени не хватало именно точности: ее рекомендации были основаны на приблизительных обобщениях, а не на строгом расчете. Сейчас в различных направлениях началась интенсивная работа по превращению педагогики в точную науку. Это выражается в попытках широко использовать количественные методы, выработанные математикой способы уточнения понятий, средства математической логики, математической статистики и теории информации, математическое моделирование педагогических явлений и т. п. Без введения математических методов нет возможности даже корректно сформулировать задачи,

относящиеся, скажем, к отысканию оптимальных путей обучения, оптимальных способов управления учебным процессом. Без таких методов — и без разработки их применительно к задачам обучения и нуждам теоретической педагогики — тем более невозможен сколько-нибудь серьезный успех в практической рационализации обучения.

Существенно отметить, что внедрение точных — математических, логико-математических, теоретико-информационных и т. п. — методов в педагогику происходит в настоящее время под флагом разработки так называемого программированного обучения и применения в педагогике идей и средств кибернетики. И это не случайно. Применение математических методов в той или иной области знания, до этого их не применявшей (или применявшей лишь спорадически), обычно бывает связано с появлением в этой области кардинальных новых идей. В педагогике такой идеей оказалась идея подхода к обучению как к процессу управления, естественно возникшая под влиянием кибернетики. На этой основе и получили развитие исследования, ставящие своей задачей применение развиваемых в рамках кибернетики понятий, методов и теорий (относящихся к процессам управления и переработки информации) к явлениям обучения людей. Круг идей, шедших от кибернетики, слился с другого рода идеями, первоначально появившимися без явной связи с этим научным и техническим направлением. Мы имеем в виду концепцию программированного (программно-управляемого) обучения. Кибернетические идеи в педагогике и программированное обучение привели к введению в оборот теоретической и практической педагогики некоторых математических средств, используемых в теоретической кибернетике. Среди них видное место в настоящее время занимают средства, которые черпаются из арсенала трех дисциплин: теории алгоритмов (в ее прикладном аспекте), математической логики и теории информации.

Внедряя новые методы в педагогику, можно исходить из различных предпосылок. Возможен подход, который во главу угла ставит теоретико-информационные идеи. Возможен подход, при котором интересы исследователя группируются вокруг вопросов современной логики в ее педагогическом аспекте. Возможен — и ныне широко используется — подход, при котором главное внимание уделяется прикладным вопросам программированного обучения, относящимся к разработке программированных учебников и обучающих машин. Имеется, однако, подход, который позволяет удачно синтезировать отмеченные выше линии исследований и в разумной мере сочетать чисто теоретические и практически-прикладные аспекты новых методов. Это — подход, основанный на идее, с которой мы начали настоящую статью, на идее алгоритмизации обучения.

Дело в том, что разработка вопросов алгоритмизации обучения предполагает привлечение понятий и элементарного аппарата математической логики, так как эффективные регулярные приемы в обучении — алгоритмы обучения — обычно требуют применения логических операций, выражаемых в естественном языке такими словами, как «и», «или», «если..., то», «не», «неверно, что», «все», «каждый», «только», «ни один», «некоторые», «существуют такие, что» и т. п. С другой стороны, для оценки качества алгоритмов обучения целесообразным оказывается привлечение и некоторых средств теории информации. Наконец, программированное обучение, его развитие и успешное применение, а также создание и использование обучающих машин немыслимы без разработки соответствующих алгоритмов, и поэтому алгоритмизация обучения является необходимым условием программно-управляемого обучения.

Предлагаемая вниманию читателя монография Л. Н. Ланды приобретает в свете сказанного особый интерес, поскольку в ней подробно изучается проблема алгоритмизации обучения на различных стадиях и в различных предметах школьного курса.

2. Две примерно равные части книги — теоретическая и экспериментальная — направлены к достижению одной цели: к выявлению целесообразности алгоритмизации в обучении и показу того, что уже сейчас может дать для педагогической теории и практики такая алгоритмизация. В теоретической части книги читатель найдет систематический анализ ряда проблем обучения с позиций кибернетики, математики и математической логики, проводимый на основе понятия об алгоритмах, которые в книге названы предписаниями алгоритмического типа. На этом важном для педагогики (и некоторых других наук) понятии мы остановимся позднее. Пока же отметим, что автор отнюдь не рассматривает алгоритмизацию в качестве некоего универсального средства, дающего решение всех проблем, возникающих перед преподавателем или методистом. Л. Н. Ланда отчетливо понимает, что в различных ситуациях и в различных предметах школьного курса роль алгоритмического подхода различна. Подробно осветив в книге значение обучения алгоритмам в школе, автор показывает, в каких случаях целесообразно, а в каких нет, решать задачи, возникающие в процессе обучения, с помощью алгоритмов, когда имеет смысл, а когда нет, обучать учащихся алгоритмическим способам решения задач.

Специальное внимание уделено в книге логическим и психологическим проблемам построения

алгоритмов распознавания, которым ни в теории, ни в практике обучения не уделялось до сих пор достаточного внимания, но которые имеют особое значение в школьном преподавании и вообще в обучении. Здесь автор широко пользуется понятиями и символикой математической логики, что позволяет ему предложить новые в методическом плане и весьма оригинальные решения ряда актуальных проблем школьного обучения. В частности, для дальнейшей работы в области педагогики нам представляется плодотворным вводимое автором понятие логической структуры признаков. Авторы многих существующих учебников для средней школы, учебных руководств и методических пособий зачастую пренебрегают логической стороной дела. Это проявляется, в частности, в удивительной беззаботности при применении слов, выражающих логические отношения между понятиями (признаками — в случае их использования при распознавании какого-либо объекта), а также суждениями. Нередко подлинный смысл логических связей, долженствующих служить средством выражения содержания некоторого утверждения (правила, определения, пояснения, теоремы и т. п.), оказывается искаженным, в силу чего утверждение становится неверно понимаемым или двусмысленным (так бывает, например, когда логический союз «и» передается грамматическим союзом «или», и наоборот). Это затрудняет учителю изложение учебного материала и препятствует правильному усвоению знаний учащимися. Рассмотрение автором логических структур признаков и относящегося к этому логического аппарата, а также методические разработки послужат, надо надеяться, существенному улучшению логической стороны преподавания и способов построения наших учебных руководств. И это относится не только к так называемым точным дисциплинам — математике, физике, химии, астрономии, но и к дисциплинам гуманитарного цикла. Во всяком случае, в книге Л. Н. Ланды убедительно показано, что обучение учащихся логическим структурам признаков распознаваемых явлений ведет не только к более быстрому и качественному усвоению ими знаний, умений и навыков, но и к развитию умственных способностей учащихся вообще, существенно повышает эффективность обучения в целом.

Одной из важнейших проблем кибернетики является проблема оптимизации процессов управления. Не обошла своим вниманием эту проблему и современная педагогика. Конечно, проблема оптимизации, о какой бы области ни шла речь, всегда сложна и находится в непосредственной зависимости от утонченности соответствующих понятий и рационального выбора критериев оптимальности. Это особенно относится к области обучения людей. Любое продвижение вперед на пути оптимизации педагогических процессов зависит не только от корректной постановки задачи оптимизации и удачного применения математических и логических средств (в области чего опыт пока невелик), но и от накопления необходимого экспериментального материала. Однако для некоторых простейших случаев (допускающих, в частности, как показывает Л. Н. Ланда, применение элементарных средств математической логики, теории вероятностей и теории информации) корректная постановка задачи оптимизации в педагогике возможна уже сейчас.

Интересной чертой кибернетики является то, что она — и особенно ее приложения — тесно связана с экспериментированием (в самых различных смыслах этого термина: будь то экспериментирование, как оно сложилось в математическом естествознании, или эксперимент в его новых формах, связанных с использованием вычислительной техники и современных автоматов). Примечательно, что проникновение математики и кибернетики в гуманитарные науки влечет за собой не только внедрение в эти области знания привычных в физико-математических дисциплинах приемов дедуктивного мышления, но и выдвижение новых требований к экспериментированию в этих науках: новые задачи и методы исследовательской работы, идущие от математики и кибернетики, требуют и новых задач и методов в экспериментальной сфере. И это в полной мере касается педагогики. В книге Л. Н. Ланды поэтому весьма большое место уделено изложению методики и организации педагогического эксперимента и анализу экспериментального материала. Автор умело использует педагогический эксперимент как мощнейшее средство разработки и подтверждения развиваемых в книге теоретических концепций. Экспериментальная часть книги убедительно демонстрирует перспективность специального формирования у учащихся ряда логических навыков и умений и, в частности, плодотворность обучения их алгоритмам. Эта часть книги построена на школьном материале преподавания грамматики, однако методика, которую разработал автор, может быть с успехом применена в обучении и Другим предметам: она во многом носит общий характер.

Алгоритмический подход — мы в этом убеждены — все шире будет распространяться в школьном преподавании. И это касается не только, скажем, решения математических или грамматических задач, но также других предметов и аспектов обучения. Сейчас, когда алгоритмы в педагогике только прокладывают себе дорогу, когда еще слышны голоса скептиков, подвергающих сомнению саму идею алгоритмизации обучения, главное состоит в том, чтобы, умело отобрав учебный материал, в применении к которому алгоритмизация в настоящее время методически целесообразна и доступна педагогу,

на деле показать, что она может дать школе. Одной из таких областей, бесспорно, является обучение грамматике. Экспериментальный материал данной книги это хорошо подтверждает. Количественные данные и качественный анализ результатов проведенного автором экспериментального обучения показывают, насколько повышается качество обучения на пути его алгоритмизации.

Сомнения в плодотворности алгоритмизации в обучении, с которыми еще приходится сталкиваться, нередко бывают связаны с противопоставлением использования алгоритмов в учебном процессе — как чего-то «механического» — «содержательному» мышлению учеников, решению ими «творческих» задач. Но такое противопоставление несостоятельно. На деле — и это хорошо показано в данной книге — обучение алгоритмам не только не умаляет инициативы учащихся, творческого поиска, догадки, интуиции, но, наоборот, служит развитию ряда важных качеств их логического и творческого мышления. В частности, выработка у учащихся определенных алгоритмических приемов умственной работы освобождает их интеллектуальные силы для решения новых, более сложных задач, в том числе и творческого характера. Кроме того, следует иметь в виду, что методика обучения алгоритмам, которую предлагает автор, такова, что она, как правило, предусматривает не сообщение учащимся алгоритмов решения задач в готовом виде, а такую постановку работы с учениками, при которой они как бы самостоятельно открывают соответствующие алгоритмы.

Вопросы, связанные с алгоритмизацией процессов обучения, сейчас оживленно обсуждаются нашей педагогической общественностью. Надо полагать, что предлагаемая книга поднимет эти обсуждения на новую ступень, повлечет за собой дальнейшие попытки педагогов использовать идеи, разработанные автором и другими специалистами, в преподавании различных предметов школьного курса, а также натолкнет на темы самостоятельных исследований. Если это действительно произойдет — а в этом вряд ли можно сомневаться, — то это будет лучшим показателем того, что книга принесла свою пользу. Вероятно, многие читатели захотят самостоятельно проверить утверждение автора о качественном скачке в мышлении учащихся при использовании предлагаемого им алгоритмического подхода. Если в результате этого появятся новые интересные исследования, это послужит только на пользу педагогической науке.

3. Центральным понятием, вокруг которого группируется теоретический материал данной книги, является введенное автором понятие предписания алгоритмического типа, или алгоритмического предписания. В каком отношении находится это понятие к математическому понятию алгоритма?

Заметим, прежде всего, что понятие алгоритма в математике имеет как бы два «этажа». Первый «этаж» составляет содержательно-интуитивное понятие об алгоритмах как об однозначно понимаемых предписаниях, применение которых к варьируемым исходным данным приводит к искомым результатам — дает решение задач данных типов. Второй «этаж» составляют уточнения этого понятия, принимаемые в рамках логико-математической дисциплины, носящей название теории алгоритмов. Каждое из них представляет собой описание конкретного типа алгоритмов, обычно моделирующего некоторый достаточно элементарный процесс переработки информации человеком, — работу вычислителя, операции с буквами и словами в некотором алфавите и т. п., относительно которого выдвигается постулат — так называемая основная гипотеза теории алгоритмов, — утверждающий, что любой алгоритмический процесс, задаваемый алгоритмом в интуитивном смысле, может быть представлен алгоритмическим процессом, предусмотренным данным уточнением понятия алгоритма. Этот постулат носит характер естественнонаучного положения, источником подтверждения которого является весь опыт математического знания, практика современной вычислительной техники, кибернетики и ее приложений и т. п.

Уже на содержательном уровне выявляются некоторые общие свойства алгоритмов, прежде всего детерминированность, массовость и результативность (о которых подробно говорится в книге Л. Н. Ланды), а также абстракции и идеализации, связанные с алгоритмами и процессами их применения. Здесь следует указать на широко известные абстракции отождествления и потенциальной осуществимости, а также на понятие конструктивного объекта. Уточнения понятия алгоритма строятся с учетом этих свойств, абстракций и идеализации. От процедуры применения алгоритма (алгоритмического процесса) естественно требовать, чтобы шаги, на которые он расчленяется — и соответствующие этим шагам правила, входящие в алгоритм, — были достаточно просты. Это означает, что правила алгоритма должны быть столь элементарны, чтобы их всегда мог выполнить человек или соответствующая машина. Они не должны оставлять места неясности или произволу. Их выполнение должно быть вполне однозначным.

Построение предписаний, определяющих такого рода алгоритмические процессы, является тем идеалом, к которому постоянно стремится математика. Описанным требованиям, например, удовле-

творяют так называемые численные алгоритмы, т. е. алгоритмы, в которых главную роль играют четыре арифметических действия. Все существующие уточнения понятия алгоритма построены с учетом этих требований.

Но предписания, ведущие от варьируемых исходных данных к искомому результату, могут содержать апелляцию к операциям (задачам), отнюдь не являющимся элементарными в указанном смысле. Именно, в предписании могут фигурировать операции, которые в одних конкретных случаях будет можно, а в других нельзя выполнить. Так, алгоритмы решения задач на построение с помощью циркуля и линейки в геометрии Евклида содержат обращение к таким «элементарным» операциям, как «описать окружность любым (в том числе и сколь угодно малым и сколь угодно большим) раствором циркуля» и «соединить прямой линией любые две точки на плоскости (независимо от расстояния между ними)». Алгоритмический процесс, задаваемый таким предписанием, приведет к решению данной задачи (пусть в смысле потенциальной осуществимости) лишь в том случае, если указанные «элементарные» операции окажутся выполнимыми. Поскольку такого рода предписание содержит апелляцию к операциям, которые не при всех условиях могут быть выполнены, — сводит решение задач данного типа к решению задач типа «выполнить операцию, принятую за элементарную», — его называют алгоритмом сводимости. Если отвлечься от того, что операции, принятые за элементарные, не всегда выполнимы, если принять данные «элементарные» задачи за решенные, то наше предписание может оказаться обладающим всеми свойствами, присущими обычным (так сказать, «абсолютным») алгоритмам. Таким образом, данное предписание есть алгоритм сводимости, если его применение дает решение задач данной серии в предположении, что некоторые другие («элементарные») задачи являются решенными.

Интересно отметить, что на уровне так называемых логических схем алгоритмов (например, операторных схем А. А. Ляпунова, описываемых в данной книге) различие между «абсолютными» алгоритмами и алгоритмами сводимости стирается, так как в схемах алгоритмов отвлекаются от характера фигурирующих в них операций и от совокупности объектов, к которым имеет смысл применять алгоритмы, охватываемые схемой. Логические схемы алгоритмов были введены под влиянием запросов кибернетики, поскольку в кибернетике, вычислительной математике и технике целесообразно располагать описаниями алгоритмов, отвлеченных от конкретных операций, которые может выполнять та или иная машина. Однако эти схемы вскоре получили применение для описания алгоритмических процессов также в психологии и педагогике. Немаловажную роль здесь сыграло, по-видимому, то, что в этих областях плодотворным оказалось использование прежде всего алгоритмов сводимости.

Описание определенных процессов с помощью алгоритмов, представление этих процессов в виде строго детерминированных процедур решения задач может иметь место, как мы уже говорили, в самых различных областях. Возможно оно и в педагогике. Однако тут возникает ряд вопросов. Как, например, отбирать и фиксировать в педагогике элементарные операции? И что здесь вообще следует понимать под такой операцией? Ведь одна и та же операция может быть для одного человека легко выполнимой, не требующей расчленения на другие операции (и в этом смысле простой, элементарной), а для другого нет. Далее, как быть с «жесткостью» и опознаваемостью объектов — непременным требованием алгоритмического подхода — в сфере обучения людей? Возьмем, например, грамматику. Разве различение и отождествление лингвистических объектов является таким непосредственно очевидным делом, как это предполагается понятием алгоритма? Все эти вопросы заставляют задуматься над тем, как же применять алгоритмический подход в педагогике, как представлять процессы усвоения знаний учеником, процессы обучения ученика учителем в виде алгоритмов решения определенных (учебных, педагогических) задач?

Ответы, которые на эти вопросы даются в книге, основаны на понятии предписания алгоритмического типа и на установлении тесной связи алгоритмических предписаний с педагогическим экспериментом. Вводя понятие предписания алгоритмического типа, автор связывает его, по существу, с ослаблением некоторых требований, естественных в случае «абсолютных» алгоритмов. Именно, в случае предписаний алгоритмического типа не предполагается фиксированным, говорит он, множество элементарных операций и множество тех объектов, над которыми выполняются эти операции. Это связано с тем обстоятельством, что в области педагогики — как, впрочем, и во многих других областях — нет возможности заранее очертить тот круг операций, который может встретиться в алгоритмических процессах, равно как нельзя заранее указать область тех объектов, над которыми могут производиться эти операции. Существенно отметить, что невозможность предварительного задания тех операций, которые могут фигурировать в алгоритмах, применяемых в обучении, вытекает, в частности, из относительности понятия элементарной операции, о чем много говорится в книге (степень «простоты» операции может быть различной для различных людей, она может зависеть — и обычно действительно

зависит — от обученности ученика, от знаний и методической подготовки учителя и т. д.). А невозможность предварительного ограничения области тех объектов, над которыми могут производиться операции алгоритмов в педагогике, связана, в частности, с тем, что свойство опознаваемости этих объектов также зависит от указанных факторов: возможность различения и отождествления тех объектов, с которыми имеет дело педагогика, сильно зависит от конкретных условий и служит поэтому предметом экспериментального установления и статистической оценки. Следует также заметить, что в педагогике — в отличие от математики, технических наук и некоторых других областей, давно и успешно использующих алгоритмический подход, — не сложился еще необходимый точный язык, связанный с применением знаковых обозначений. Создание такого языка в педагогике фактически только начинается.

Переход от «математических» алгоритмов к предписаниям алгоритмического типа представляет собой, таким образом, переход от «абсолютных» алгоритмов к алгоритмам сводимости. Задачи, которые в предписаниях алгоритмического типа принимаются за решенные, — это задачи однозначного выполнения операций, выбранных в качестве элементарных (предполагается, что все учащиеся, с которыми работает учитель, могут их выполнять), и однозначного опознавания тех объектов, над которыми эти операции производятся (предполагается, что учащиеся могут однозначно различать и отождествлять эти объекты). В частности, многие предписания алгоритмического типа в педагогике требуют, чтобы «за решенные» принимались задачи, связанные с (по существу, интуитивным) пониманием «смысла» соответствующих объектов. Очевидно, что мы в той мере получаем «настоящие», причем практически применимые алгоритмы, в какой эти задачи действительно решаются учениками.

Спрашивается, однако, где искать основания для принятия за решенные (разрешимые, решаемые) тех или иных задач, используя которые мы затем строим различные алгоритмы сводимости? Такими основаниями являются обычно либо теоретические соображения, полученные вне данной области, либо экспериментальный материал, опыт, наблюдения и т. п. Материал книги Л. Н. Ланды показывает, что для педагогики основанием для принятия каких-то задач (операций) за решенные (выполнимые) может, в каждом данном случае, быть прежде всего эксперимент. Именно он дает ответ на вопрос, какие из операций можно считать элементарными, какие из объектов — и для какого уровня развития учащихся — можно считать однозначно опознаваемыми. Конечно, данные, получаемые путем таких экспериментов, в лучшем случае будут иметь лишь вероятностный смысл, извлекаемая из них оценка будет обычно носить лишь приближенный характер. И опять-таки, прежде всего опыт, эксперимент смогут дать ответ на вопрос, каков же должен быть «вес» этой оценки, чтобы в практике преподавания можно было считать те или иные операции элементарными, а те или иные объекты — опознаваемыми. Все это и объясняет целесообразность введения понятия о предписаниях алгоритмического типа в педагогике. Если предварительное исследование проведено хорошо, если мы правильно сумели выделить элементарные операции и объекты, над которыми эти операции можно производить, то мы смело можем применять предписания алгоритмического типа.

Все сказанное свидетельствует об огромной роли эксперимента в любых работах по алгоритмизации обучения. Очень легко дискредитировать алгоритмический подход, применяя его к материалу, который не поддается алгоритмической обработке. Представление о предписаниях алгоритмического типа как об алгоритмах сводимости требует от педагогов, желающих применять алгоритмизацию в обучении, внимательного изучения того, какие задачи допускают алгоритмизацию и доступны учащимся.

В заключение нашего рассмотрения понятия предписания алгоритмического типа заметим, что такие предписания не следует противопоставлять «математическим» алгоритмам. В применении к алгоритмам, используемым в математике и кибернетике, вычислительный процесс понимается не в узком смысле числовых расчетов, а в более широком смысле: это любой процесс переработки информации, однозначно детерминированный четкими правилами, — любой алгоритмический процесс. Любое уточнение понятия алгоритма, как это очевидно в свете упомянутой выше основной гипотезы теории алгоритмов, охватывает все такие процессы. Математическое понятие алгоритма имеет всеобщее значение. Именно к этому понятию мы фактически приходим от различных «психологических», «педагогических», «биологических» и т. п. алгоритмов, когда поднимаемся на более высокую ступень абстракции посредством отвлечения от того, что некоторые операции выполняются только «в среднем», что опознаваемость некоторых объектов не дана заранее и может быть проверена только экспериментальным путем и т. д. Разумеется, оправданность такого отвлечения — об этом мы уже говорили выше — в каждом данном случае должна быть специально обоснована.

4. В книге, предлагаемой вниманию читателя, большое место уделено логике. В целях составле-

ния алгоритмов (алгоритмических предписаний) грамматического анализа предложений и распознавания грамматических явлений в ней проводится логический анализ признаков грамматических явлений с привлечением представлений и аппарата определенных разделов математической логики. Такой подход тем более оправдан, что средства традиционной логики, как это теперь очевидно, недостаточно эффективны для описания логического аспекта даже школьной грамматики. Не вдаваясь в обсуждение того, что собой представляет (или должна представлять) современная логика, подчеркнем те положения, которые нам представляются бесспорными.

Отметим, прежде всего, некоторые аспекты методологии современных логических исследований. Такая методология основана на формализации в широком смысле этого термина, т. е. на приеме выделения и уточнения изучаемого содержания посредством выявления и фиксации его формы. На современной ступени развития логики это происходит путем применения ней методов, сложившихся, прежде всего, в рамках математики, путем построения исчислений. Недаром математическую логику часто характеризуют как логику по содержанию и математику по своим методам. Можно констатировать, что в настоящее время сложился новый этап в развитии логики и ее приложений, связанный с математизацией логики, с превращением ее в науку, использующую выросшие на почве математики приемы формализации. Это обстоятельство не только не сужает сферы применимости логики, но, наоборот, всемерно содействует расширению этой сферы. Математическая логика, лишенная недостатков и неясностей традиционной логики, становится немаловажным инструментом исследования в гуманитарных науках, таких, как лингвистика, юриспруденция и др. Она является именно той логикой, которая требуется в педагогических исследованиях, как теоретических, так и прикладных. При этом применение понятий и средств математической логики в педагогике нисколько, разумеется, не колеблет значение для этой науки философской методологии.

В связи со сказанным целесообразно остановиться на одной несостоятельной точке зрения, высказываемой некоторыми авторами. Она состоит в противопоставлении формализованности логики ее содержательности. На этом основании эти авторы склонны объявить средства математической логики непригодными для педагогики, призывая к созданию некоей «содержательной» логики. Такой взгляд проистекает из непонимания того, что любое изучение процессов рассуждения и доказательства обязательно предполагает формализацию, что попытки создания некоей «новой» логики, отличной как от современной логики, основанной на применении математических методов, так и от философской методологии, просто означают введение какой-то «своей» — весьма несовершенной, так сказать, «доморощенной» — формализации.

Не существует логики только «формальной», не имеющей содержательного характера. Формализация логики служит для того, чтобы логика могла лучше выражать содержание. Применение нестрогих, недостаточно формальных приемов в логической науке — так же как и в других областях знания — сужает возможности выражения содержания и может привести к неопределенности рассуждений и выводов. Разумеется, степень формализации должна соответствовать существу дела. Так, например, при решении задач построения учебных дисциплин, в частности определения их содержания и наиболее эффективной структуры изложения, требуется применение достаточно развитых средств логики. Напротив, в учебном процессе, в работе учителя и ученика речь в настоящее время обычно идет об использовании более простого логического аппарата. Однако это обстоятельство не должно служить поводом к тому, чтобы превозносить неформализованный подход в педагогических приложениях логики и противопоставлять его развитым приемам логической формализации, применяемым в некоторых других науках. Подобные попытки тем более лишены основания, что с расширением применения в педагогике идей и средств математики и кибернетики, с более широким применением математического моделирования получают приложение и более развитые приемы логической формализации, подобные, скажем, тем, которыми уже пользуется лингвистика.

5. Мы уже говорили выше о связи тематики настоящей книги с проблематикой программированного обучения. Для современного состояния работ в области программированного обучения характерна во многом прикладная направленность. Теоретические аспекты программированного обучения, в общем, ждут еще своей разработки. Хотя программированное обучение не является непосредственной темой монографии Л. Н. Ланды, эта монография имеет немаловажное значение для разработки ряда теоретических вопросов программированного обучения. Ведь предписания алгоритмического типа в обучении являются естественной базой для программирования педагогического процесса, а средства логики составляют его необходимый арсенал. Логика и алгоритмы — это одни из наиболее важных пунктов, через которые пролегает путь развития педагогических исследований, ведущих к внедрению в педагогику методов точных наук.

Логико-алгоритмический подход к проблемам обучения находится в тесной связи с подходом

вероятностно-статистическим. При относительно независимом существовании таких подходов в современной науке, — в частности в кибернетике и ее приложениях, в ее теоретических (т. е. математических) основаниях, — налицо тенденция ко все большему их сближению. Это хорошо известно исследователям, работающим, например, в области теории автоматов. В частности, это касается того раздела этой теории, который относится к обучаемым и самообучающимся системам. Здесь вероятностный подход, введение случайных переходов состояний, рассмотрение автоматов в случайных средах и т. д. оказались весьма плодотворными и в теоретическом и в прикладном отношении.

Разработка точных методов педагогического исследования настоятельно требует совместного применения обоих подходов. Напомним в связи с этим то обстоятельство, что проблемы обучения автоматов и людей, которые затрагиваются в книге Л. Н. Ланды, имеют определенное родство. Вместе с тем между автоматом и человеком, как известно, имеется глубокое различие, в свете которого соединение логико-алгоритмического и вероятностно-статистического подходов представляется даже более актуальным, чем в теории автоматов. Человек не есть детерминистская система с ограниченным числом «входов» и «выходов», могущих пребывать в фиксированном числе строго определенных состояний. Это «автомат», поведение которого отличается таким колоссальным разнообразием, что приблизиться к полному описанию его поведения, пусть лишь в одних ситуациях обучения в школе, чрезвычайно трудно. Сложность задачи многократно возрастает, если рассматривать коллективы людей, их отношения с другими коллективами и природой. Всякое такое описание, во всяком случае на нынешнем уровне наших знаний и технических возможностей, должно поэтому предполагать некоторые — вообще говоря, достаточно сильные — упрощающие предположения. И ослабление этих предположений, приводящих к построению описаний, более полно характеризующих реальное поведение человека — в частности, реальный ход обучения — и указывающих пути его оптимизации, наверняка потребует самых разнообразных теоретических и технических средств. Среди них находят свое место не только логико-алгоритмические идеи, но и теоретико-вероятностный и теоретико-информационный подходы, которые получили отражение в настоящей книге и попытка объединения которых применительно к задачам психологии и педагогики, несомненно, представляет большой интерес. Важно также отметить перспективность применения в педагогике теоретико-игровых, семиотических и иных методов, развиваемых в рамках идей теоретической кибернетики. Очевидно, что только на пути синтеза разнообразных средств исследования, которые дает в руки педагогу современная наука и техника, и на твердом фундаменте педагогического опыта, обучающего эксперимента, программно-управляемого обучения, применения обучающих машин и т. п., возможно прогрессивное внедрение идей точных наук в такую сложную и важную сферу, как сфера обучения. Только на этом пути возможна разработка оптимальных способов обучения, существенное повышение его качества и темпов, исследование процессов творческого мышления, успех в разработке эвристических методов в педагогике и т. д. При всем том мы убеждены, что сколь бы далеко ни продвинулись достижения точной педагогики в овладении святой святыней обучения — в решении задачи развития творческих способностей и логического мышления людей — в ней всегда будут занимать почетное место алгоритмические методы.

В книге Л. Н. Ланды, оперирующей богатым психологическим и педагогическим материалом, поставлен ряд новых и важных проблем, намечены реальные пути совместного использования различных методов точных наук для решения ряда актуальных вопросов теории и практики обучения. В этом, в частности, залог того, что она будет с интересом встречена нашей педагогической общественностью.

*Академик АН УССР Б. В. Гнеденко
Доктор философских наук Б. В. Бирюков*

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

В этой книге подводится итог исследованиям по проблеме обучения учащихся некоторым достаточно общим приемам (методам, способам) мышления (рассуждения), которые автор вел начиная с 1952 г. Исследования опирались на достижения советской педагогической психологии и представляли собой, с одной стороны, применение, с другой — дальнейшее развитие ряда подходов и принципов, разрабатываемых в отечественной науке, в частности в работах П. Я. Гальперина, А. Н. Леонтьева, Н. А. Менчинской, П. А. Шеварева и их сотрудников.

Первоначально исследование проводилось на материале, относящемся к решению учащимися геометрических задач на доказательство. Это исследование показало, что одной из главных причин неумения решать задачи является то, что учащиеся часто не знают тех операций, которые надо производить, чтобы найти решение, или не владеют этими операциями, поскольку они у них не сформированы (имеются в виду операции, которые в науке известны или могут быть найдены). Если систему операций для решения некоторого класса задач назвать методом решения (более подробно понятие метода будет рассмотрено в первой главе), то можно сказать, что учащиеся потому плохо умеют решать задачи, что не знают методов решения, не знают, как нужно думать в процессе решения, как и в какой последовательности надо действовать, оперировать с условиями задачи. Это, в свою очередь, вызвано тем, что в школе, как показал анализ преподавания в ней математики, учащихся во многих случаях не обучают этим методам, не обращают их внимания на операции, из которых «складывается» решение задачи, и не отрабатывают специально этих операций. Учитель часто заботится лишь о том, чтобы дать ученику знания о содержании изучаемого и значительно меньше о том, чтобы дать ему знания о способах оперирования этим содержанием, о том, как надо думать, рассуждать, мыслить, усваивая определенное содержание и применяя знания о нем. В связи с этим и сами учащиеся обычно думают лишь о содержании того, что надо учить, и не думают над тем, как учить. Проблема чему учить весьма сильно доминирует в школе над проблемой как и с помощью каких приемов следует учить и усваивать изучаемое.

Разумеется, такое положение не случайно и в этом не просто вина учителей. Глубокая причина указанного недостатка состоит в том, что проблема выявления методов мышления, рассуждения (а также проблема способов обучения этим методам учащихся) недостаточно разработана в самой педагогической и психологической науке. Чтобы обучение учащихся методам мышления было сознательным, целенаправленным и доступным каждому учителю, надо прежде всего создать эффективные способы расчленения мыслительной деятельности на составляющие ее компоненты — достаточно элементарные в определенном отношении мыслительные операции, способы определения их наилучшей для тех или иных условий структуры, а также разработать методику их пооперационного формирования. На решение этой задачи применительно к обучению геометрии и было направлено исследование, с упоминания о котором мы начали это предисловие.

В ходе исследования была сделана попытка выявить операции, из которых «складывается» процесс думания над геометрической задачей (на доказательство), процесс поиска ее решения. Система этих операций была сформулирована в виде определенной системы правил, некоторого достаточно общего метода-предписания, указывающего, что надо делать с условиями задачи в ходе ее решения, как надо думать в процессе поиска доказательства¹. Расчленение процесса поиска доказательства на отдельные достаточно элементарные операции и специальное обучение им учащихся показало, что за сравнительно короткий срок можно резко поднять эффективность обучения, научить учащихся решать такие задачи, которые они до этого решить не могли.

Описываемая работа была закончена в конце 1954 г. и в 1955 г. защищена в качестве кандидатской диссертации [684]². В это же время или несколько позже работа по анализу психологической и логической структуры мыслительной деятельности по решению задач на доказательство (и некоторых других) и формулированию методов поиска доказательства с целью его моделирования на электронных цифровых машинах развернулась в США. Соответствующие методы получили там название «эвристических методов», а работы по программированию процесса доказательства для цифровых вычислительных машин, опирающиеся на изучение того, как этот процесс осуществляется в содержательном человеческом мышлении, стали объединяться термином «эвристическое программирование» (см.,

¹ Необходимость разработки достаточно общих методов поиска доказательства осознавалась уже давно. Некоторые правила такого поиска были сформулированы, в частности, математиками Ж. Адамаром [38] и Д. Пойа [750].

² Основное содержание диссертации было опубликовано в двух статьях [686], [687] лишь в 1959 и 1961 гг.

например, работы А. Ньюэлла, Д. Шоу, Г. Саймона [140], [141], [192], [193]). По вопросам эвристического программирования и эвристических методов мышления вообще см. также, например, [28], [130—131], [134], [135], [147], [148], [150], [187], [188], [191], [724], [865]. Операции по поиску доказательства, в каком-то отношении аналогичные тем, которым мы в эксперименте обучали учащихся, были формализованы, и процесс поиска доказательства был смоделирован на электронной вычислительной машине. Были составлены программы под названием «Логик-теоретик» и «Универсальный решатель проблем», на основе которых универсальная вычислительная машина смогла доказать ряд логических и геометрических теорем. Первые результаты этих работ, насколько нам известно, были опубликованы в американской научной печати в 1956—1957 гг.

После завершения в 1955 г. исследования по выявлению некоторых достаточно общих и регулярных приемов (методов) мышления при решении геометрических задач и эксперимента по обучению им учащихся возник вопрос, являются ли эти методы специфичными только для математики. Если нет, то нельзя ли установить общность методов мышления при решении задач из разных предметных областей (например, задач математических, грамматических, физических, химических и т. п.) и обучать учащихся решению, например, математических задач так, чтобы они одновременно научались решать и грамматические задачи, и, наоборот, обучать решению грамматических задач таким образом, чтобы одновременно воспитывать и математическое мышление³. Обнаружение таких общих приемов (методов) было бы крайне важным, так как оно позволило бы глубже и более детально понять природу общих умственных способностей человека и найти пути к сознательному и целенаправленному их формированию. Есть основание полагать, что общие умственные способности — это не что иное, как владение общими методами мышления, рассуждения, умение думать и решать задачи, имеющие различное предметное содержание.

Чтобы ответить на вопрос о том, являются ли выявленные методы специфичными только для математики, надо было исследовать методы решения каких-либо других, нематематических задач. В качестве объекта исследования были взяты грамматические задачи. Процесс решения грамматических задач был проанализирован таким же образом, как до этого анализировался процесс решения геометрических задач. Оказалось, что в способах решения тех и других есть много общего и что для решения грамматических задач также можно сформулировать достаточно общие методы, подобные тем, которые были сформулированы для решения геометрических задач. Но выявилось и существенное различие между этими методами. Методы поиска доказательства при решении геометрических задач были именно методами поиска, т. е. носили эвристический характер, при этом способ их реализации существенно зависит от вида задачи, ее сложности и т. п. Эти методы не детерминируют полностью и однозначно всех действий учащихся в процессе поиска решения и поэтому не гарантируют — в применении к каждой конкретной задаче — ее непременно решения. Для грамматических же задач удалось построить методы, которые полно и однозначно детерминируют действия учащихся и обеспечивают при правильном их применении непременно решение реально встречающихся в школьной практике задач. Иначе говоря, эти методы носят существенно алгоритмический характер.

Известно, что обучение методам такого рода занимает большое место при изучении математики. Анализ показал, что таким методам учат и при изучении грамматики (хотя до недавнего времени и не называли их алгоритмами). Вместе с тем был выявлен один тип алгоритмических методов, а именно методов распознавания грамматических явлений, которым при изучении грамматики во многих случаях не обучают или обучают неправильно. Об этих алгоритмических методах часто не знают ни учащиеся, ни учителя; многих из них нет и в методиках.

Оказалось, что незнание учащимися алгоритмов этого типа (и невладение ими) — одна из главных причин, обуславливающих трудности усвоения учащимися грамматики, одна из основных причин их ошибок. Хорошее знание грамматических правил при этом положения не меняет. Подобно тому как хорошее знание теорем еще не обеспечивает решения математической задачи — ведь для того чтобы решить задачу, надо суметь определить, какая из теорем применима в данном случае, — хорошее знание грамматических правил само по себе не обеспечивает грамотного письма: вся трудность как раз и состоит в определении (распознавании) того, какое из известных правил необходимо (возможно) в данном случае использовать. Но именно этого-то многие учащиеся не умеют делать. Встречаясь со словом, в котором надо определить написание буквы, или с предложением, в котором надо расставить знаки

³ Проблема общих черт в мышлении при оперировании различным предметным содержанием в логике была поставлена уже давно (собственно говоря, все логические законы — это законы, относящиеся к формам мышления безотносительно к его содержанию); в психологическом же плане ее значение в последнее время особенно было подчеркнуто Е. Н. Кабановой-Меллер [648], [649] и Л. В. Шеншевым [845].

препинания, они часто не знают, какие операции надо проделать над этим словом или предложением, чтобы выбрать нужное правило и решить вопрос о написании. Говоря другими словами, они, как и при изучении математики, имеют знания о содержании учебного материала — знают теоремы и правила, но не знают общих методов решения задач, не владеют необходимыми в данном случае регулярными приемами рассуждения. И так же, как в математике, учителя специально этим приемам часто учащихся не обучают. Это и не удивительно, поскольку многие из этих приемов не выявлены и не сформулированы в самой науке⁴.

Чтобы проверить гипотезу о том, что главные причины трудностей в усвоении грамматики и ошибок при письме лежат в незнании учащимися регулярных методов решения грамматических задач, нами такие методы (применительно к ряду тем) были выявлены, сформулированы и был начат эксперимент по обучению им учащихся. Результаты эксперимента оказались подобными тем, которые были получены при обучении учащихся общим методам решения геометрических задач: учащиеся значительно легче и лучше стали усваивать грамматику, а количество грамматических ошибок за сравнительно короткий период обучения уменьшилось в 5—7 раз.

К 1959 г. экспериментальная работа по обучению учащихся методам грамматического рассуждения, алгоритмическим приемам решения грамматических задач была закончена и по результатам исследования была написана книга. Однако, когда она была уже завершена, автору стало ясно, что рукопись нуждается в основательной переработке.

Дело в том, что во второй половине 50-х годов в нашей стране получили бурное развитие работы в области кибернетики. Идеи кибернетики стали широко распространяться и привлекли к себе также многих представителей гуманитарных наук. Еще в процессе экспериментальной работы стало видно, что многие положения, из которых мы исходили, выявляя и формулируя регулярные методы мышления и обучая им учащихся, могут получить хорошую интерпретацию в понятиях кибернетики. Более того, понятия и методы кибернетики, а также математической (символической) логики давали возможность не только глубже интерпретировать педагогические и психологические явления, рассматривая их как частный случай более широкого круга явлений и процессов, изучаемых кибернетикой, но и использовать некоторые понятия, идеи и методы кибернетики и математической логики для более глубокой и точной постановки самих психолого-педагогических проблем. Однако в конце 50-х годов кибернетический подход к психолого-педагогическим явлениям был для многих, работающих в области педагогики, столь непривычным и чуждым, что любая попытка применить идеи и методы кибернетики к педагогике встречала резкий протест. В начале 60-х годов, когда упомянутая выше книга была закончена, положение начало понемногу меняться. Стало ясно, что наступил момент, когда можно изложить основные положения и идеи работы так, как они представлялись с более широкой, кибернетической точки зрения. Но для этого надо было заново написать по крайней мере теоретическую часть книги.

Работа оказалась трудоемкой и сложной, так как к этому времени в самых разных областях науки накопилось большое количество данных, имевших непосредственное отношение к теме нашего исследования. Осмысление этих данных позволило значительно уточнить исходные теоретические положения и поставить такие вопросы, которые мы, приступая к экспериментальному исследованию, в виду не имели. Это, в частности, вопрос об определении условий целесообразности обучения учащихся тем или иным алгоритмам, вопрос о методах выбора и оценки оптимальной стратегии распознающего поиска и некоторые другие. Вряд ли можно сомневаться в том, что в подходе к решению этих вопросов обнаружатся в дальнейшем те или иные недостатки и эти подходы придется совершенствовать или дополнять новыми подходами. Но известно, что в науке постановка вопросов и формулирование методов часто не менее важны, чем решение этих вопросов и показ того, как соответствующие методы надо применять.

Несколько слов о связи вопросов, затронутых в этой книге, с программированным обучением.

Разработка идей, лежащих в основе описанного в этой книге исследования, была начата до появления программированного обучения. Само исследование проводилось также вне связи с программированным обучением. Это, однако, не отменяет внутренней связи материала данной книги с принципами программированного обучения. В исследовании предлагаются способы эффективного формирования методов умственной деятельности учащихся, которые могут быть успешно использованы в программированном обучении. Более того, ряд положений, из которых мы исходили в нашей работе, совпадает в своей основе с многими установками теории программированного обучения.

⁴ Некоторые учителя самостоятельно открывают эти приемы и обучают им учащихся, добиваясь больших успехов в своей работе, но мы говорим здесь не об отдельных учителях, а об общем состоянии дела, связанном с уровнем разработанности данной проблемы в науке.

Однако предлагаемая книга не является книгой по программированному обучению. Основная проблема программированного обучения — это проблема построения алгоритмов обучения, основная проблема нашего исследования — проблема обучения алгоритмам. Если алгоритмы обучения — это программы, которыми должен руководствоваться обучающий (в них указано, какие действия он должен производить в процессе обучения и, в частности, как он должен управлять действиями учащихся), то обучение алгоритмам — это обучение программам, которыми должны руководствоваться сами учащиеся (в них указано, какие действия они должны производить с объектом действий в зависимости от тех или иных целей, условий и результатов действий). Возможны алгоритмы обучения, в которых не будет предусмотрено обучение учащихся каким-либо алгоритмам, и можно обучать алгоритмам, не действуя по какому-либо алгоритму и не используя методы программированного обучения. Впрочем, более подробно об этом будет сказано ниже, в главе III. Здесь лишь заметим, что можно построить такой алгоритм обучения и так управлять деятельностью обучающего (задать ему такой способ деятельности), что этот обучающий будет плохо управлять деятельностью учащихся. Плохая, но достаточно детализированная методическая разработка хорошо управляет деятельностью учителя, но учитель, пользуясь этой разработкой, плохо управляет деятельностью учащихся.

Программированное обучение в той форме, как оно сложилось сейчас, не включает в качестве обязательного признака прямое управление мыслительной деятельностью учащихся⁵. Это подтверждается тем обстоятельством, что программированные учебники могут быть построены так, что не будут включать в себя обучение алгоритмам и вообще регулярным приемам мышления. И в самом деле, многие из существующих программированных учебников и программ для обучения с помощью машин управляют лишь подачей ученику учебного материала и контролируют результаты его действий (правильно ли ответил учащийся на вопрос или неправильно, решил ли он или не решил задачу) и прямо не управляют методами умственной работы учащихся в процессе усвоения этого материала и решения задач. Значение исследований по проблеме обучения учащихся алгоритмам для теории и практики программированного обучения состоит в том, что они, эти исследования, указывают на один из возможных путей улучшения программированных учебников и обучающих машин, показывают, что надо включить в программированные учебники и программы для обучающих машин, чтобы наряду с косвенным управлением мыслительной деятельностью учащихся осуществлять также прямое целенаправленное управление. В настоящее время нашими сотрудниками в лаборатории программированного обучения Института психологии АПН РСФСР предпринимается попытка использовать средства программированного обучения для формирования у учащихся методов мышления, носящих регулярный и достаточно общий характер, для обучения их алгоритмам решения задач и для более непосредственного и более эффективного, чем обычно, управления их мыслительной деятельностью.

В связи с тем что наша книга непосредственно не является книгой по программированному обучению (это видно из соотношения проблемы нашего исследования с основной проблемой программированного обучения), мы в ней почти не будем касаться проблем программированного обучения как таковых, ограничиваясь — там, где это целесообразно, — лишь некоторыми замечаниями и соображениями. Область программированного обучения — это самостоятельная область исследования, и она требует своей теории и своих методов решения возникающих в ней задач.

Мы не будем также излагать в книге основные понятия и идеи кибернетики, поскольку по этому вопросу имеется богатая литература⁶. Отметим только, что возможность применения идей кибернетики к области психолого-педагогических явлений основана на том, что обучение (и воспитание) можно в определенном смысле рассматривать как некоторый вид управления, а именно управление формированием и развитием психических процессов и свойств личности. Психические процессы в принципе так же управляемы, как физические, химические, биологические и другие процессы, хотя и являются значительно более сложными, а потому и более трудными для исследования. Задача состоит

⁵ Под прямым управлением при этом понимается воздействие на мыслительные операции учащихся путем специальных указаний, правил и любых других предписаний, апеллирующих непосредственно к этим операциям и прямо влияющим на их протекание; кроме прямого управления мыслительной деятельностью, на протекание мыслительных операций можно влиять косвенно, через специальный подбор и организацию содержания обучения, Учебного материала, типов упражнений и т. п. При правильно поставленном обучении оба эти способа управления мыслительной деятельностью должны сочетаться.

⁶ См.: [40], [42], [46-51], [53-55], [57], [60-61], [69], [74-76], [78], [86-87], [91], [94], [96], [98], [100], [108-109], [112-116], [120-121], [132], [136-137], [143-145], [151], [153], [155-158], [162], [164], [171-173], [177-180], [183], [196-198], [201] и др. О применении кибернетики к педагогике и психологии см., например: [208], [231], [233], [256-259], [262], [273-274], [309], [314], [324], [355], [375-377], [381-383], [389-390], [397], [406], [408-410], [422], [426], [429], [437], [439-440], [446-447], [450], [454], [470-472], [479-480], [494], [508], [511], [516].

в том, чтобы изучить законы управления этими процессами и на основе их познания более полно ими овладеть. Разработка теории и методов управления психическими процессами является одной из важнейших задач педагогики. То обстоятельство, что обучение является видом управления, дает основание рассматривать законы управления в области обучения как частный случай более общих законов управления.

Это, в свою очередь, позволяет надеяться на использование идей и методов кибернетики как для поднятия эффективности педагогического процесса, так и для совершенствования педагогической теории⁷.

Разумеется, теория обучения не сводится и не может быть сведена к кинетике. Сфера применения кибернетики к области педагогики (как, впрочем и к другим наукам) ограничена характером абстракций (отвлечений), лежащих в основе кибернетики. Решение многих вопросов педагогики (таких, например, как вопрос о целях воспитания, о содержании обучения и ряда других) определяется не кибернетикой, а потребностями общества, интересами и политикой господствующих классов. В нашей стране цели обучения и воспитания и их основная направленность определяются политикой коммунистической партии и ее программой. Обучение имеет свой специфический предмет, свои специфические черты и закономерности, изучать которые только с кибернетической точки зрения было бы неправильно. Но анализ процесса обучения с точки зрения принципов управления и требований, предъявляемых к «хорошей управляющей системе», позволяет выявить некоторые существенные недостатки в теории и практике обучения и наметить пути их устранения⁸. Особенностью кибернетики является то, что она изучает по преимуществу управление сложными системами, разрабатывая способы оптимизации этого управления. Если с этой точки зрения рассмотреть обучающее управление, то совершенно ясно, что ученик (и вообще всякий человек) является сложной системой. Более того, он является, по видимому, одной из самых сложных систем, которыми приходится управлять. Отсюда большая трудность задач по оптимизации управления, которые надо решать в процессе обучения (не говоря уже о воспитании).

Среди понятий, которыми пользуется кибернетика, для нас в этой книге представляет наибольший интерес понятие алгоритма. Возникнув в математике, это понятие сейчас широко применяется там, где речь идет о составлении программ управления различными объектами и процессами. Для педагогики значение алгоритмов состоит в том, что, обучив учащегося некоторому алгоритму решения задач, мы даем ему не только средство управления теми объектами, которые он будет преобразовывать с помощью этого алгоритма, но и средство управления самим собой, своим мышлением и практическими действиями. Будучи средством управления, алгоритм, после овладения им, выступает для человека также и как средство самоуправления, как способ самостоятельного регулирования им своей практической и мыслительной деятельности.

Поскольку обучение учащихся регулярным приемам рассуждения, достаточно общим методам мышления, носящим алгоритмический характер, является основным содержанием этой книги, в ней будет рассмотрено понятие алгоритма. Это тем более важно, что в педагогической и психологической литературе оно употребляется в настоящее время не всегда правильно. Понятие алгоритма довольно сложно и имеет длительную историю. Чтобы как следует раскрыть его содержание и показать, в какой мере и в каком смысле его правомерно применять в педагогике и психологии, нам пришлось в первом разделе книги выйти на пределы психологии и педагогики и рассмотреть понятие алгоритма в более широком плане, коснуться его использования в других науках. Особенно поучительным для психологии и педагогики является применение и развитие этого понятия в теории автоматического управления, где, как известно, проблема обучения и самообучения стала в настоящее время одной из самых важных (в связи с задачей моделирования процесса обучения человека и конструирования самообучающихся кибернетических систем).

⁷ Тот факт, что управляемая система в обучении (ученик) активна, что это не только управляемая, но и самоуправляемая система, не меняет сути дела, хотя и вносит определенную специфику в обучающее управление по сравнению с другими видами управления. В обучении особенно важно, чтобы программа управления обеспечила быструю выработку у учащихся программы самоуправления, чтобы управление было направлено на то, чтобы как можно быстрее освободить ученика от необходимости в этом управлении. Но формированием способности к самоуправлению надо тоже управлять, и в этом смысле можно говорить об ученике как об управляемой системе.

⁸ Кибернетический анализ процесса обучения ни в коей мере не означает «уничтожения» всего ценного, что накоплено теорией и практикой обучения за многие столетия. Наоборот, при применении идей кибернетики в педагогике очень важно как можно более полно использовать все значимое и прогрессивное в педагогическом наследстве.

Значительные трудности при написании этой книги у автора возникли в связи со стремлением сделать излагаемый материал доступным для разных категорий читателей. Как известно, в настоящее время проблемами обучения интересуются не только психологи и педагоги, но и инженеры, математики, физиологи, специалисты в различных областях кибернетики, представители многих гуманитарных наук. И то, что известно и доступно инженеру или математику, не всегда известно и доступно психологу и педагогу, и наоборот. Написать книгу, которая бы в равной мере учитывала уровень знаний и характер запросов представителей всех указанных специальностей и профессий, невозможно. Выбрав в качестве основного адресата книги педагогов и психологов, мы старались ряд вопросов, относящихся к кибернетике, математике и математической логике, изложить в достаточно доступной для неподготовленного читателя форме. Тем не менее не исключено, что для отдельных читателей некоторые места книги могут представить трудность. Чтобы их выделить, мы широко используем в книге петит. Петитом мы также печатаем такие разъяснения, замечания и комментарии, которые без серьезного ущерба для понимания дальнейшего можно при чтении опустить.

В книге затронуты большое число проблем из разных областей науки. Чтобы не затруднять восприятие материала и не распылять внимания читателя, мы старались, по возможности, избегать исторических экскурсов и не излагать историю рассматриваемых проблем. Стремясь избежать чрезмерного увеличения объема книги, мы, как правило, не даем подробного анализа взглядов различных авторов на рассматриваемые вопросы, ограничиваясь указанием на литературу. В библиографии к книге указаны по преимуществу работы современных авторов.

Завершая предисловие, мы хотели бы отметить, что в этой книге далеко не все бесспорно. Некоторые проблемы лишь поставлены, причем решение части из них не является окончательным и для самого автора. И если по вопросам, затронутым в книге, возникнет дискуссия, автор будет ее только приветствовать. Сейчас уже ясно, что по некоторым проблемам требуются дополнительные и специальные исследования. К некоторым вопросам возможны, вероятно, и другие подходы. Но если автору удалось натолкнуть читателя на поиски этих подходов, он будет считать свою задачу выполненной.

В заключение хочу выразить искреннюю благодарность академику А. И. Бергу, психологам Л. М. Веккеру, Н. И. Жинкину, Л. Б. Ительсону, П. А. Шевареву, математикам В. Г. Ашкингузе, А. И. Маркушевичу, Н. М. Нагорному, В. Б. Орлову, Ю. А. Сихановичу, инженеру А. В. Шилейко, лингвистам и методистам Л. Ю. Максимову, В. Ю. Розенцвейгу, А. В. Текучеву с которыми автор неоднократно обсуждал затронутые в книге проблемы соображения которых значительно помогли в работе над рукописью. Существенную помощь оказало автору также сотрудничество с преподавателем ЛГУ А. Р. Белопольской, успешно разрабатывающей алгоритмы перевода с немецкого языка на русский.

Хочу выразить также благодарность сотрудникам сектора дидактики Института теории и истории педагогики АПН РСФСР и руководителям сектора Б. П. Есипову и М. А. Данилову, а также сотрудникам лаборатории программированного обучения Института психологии АПН РСФСР, участвовавшим в обсуждении рукописи книги и высказавшим ряд ценных замечаний, учителям Е. В. Акимовой, Н. А. Арутюнян, Н. С. Березовскому, Л. А. Бобровской, Е. В. Вишневецкой, М. И. Гореловой, Н. П. Горовой, Г. А. Домогацкой, И. С. Забуге, С. Ф. Ивановой, С. И. Никитиной, И. Н. Окоемовой, И. И. Орловой, Г. Л. Рябининой, А. Ф. Соловьевой, В. А. Эдельштейн, принимавшим участие в экспериментальной работе или в обсуждении отдельных вопросов, поставленных в этой книге, и оказавшим автору значительную помощь в практической проверке и реализации развиваемых в книге идей.

Считаю своим приятным долгом особо отметить ту большую работу, которую провели над рукописью ее редакторы и лица, оказывавшие помощь в редактировании: Б. В. Бирюков и Б. В. Гнеденко, любезно согласившиеся осуществить общее редактирование книги; Е. К. Войшвилло, проводивший специальное редактирование главы VIII; Ю. А. Гастев, ознакомившийся с рукописью книги в целом и помогавший в редактировании ряда мест рукописи, особенно в главах I—II; Г. А. Шестопал и И. Х. Шмаин, дававшие ценные советы по отдельным математическим и логико-математическим вопросам; М. В. Парфентьев, осуществлявший издательское редактирование рукописи. Убежден, что помощь указанных лиц привела к существенному улучшению книги, и выражаю им свою глубокую благодарность.

I

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

РАЗДЕЛ I Алгоритмы и процесс управления

1

ПРОБЛЕМА ОБУЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ МЕТОДАМ МЫШЛЕНИЯ. МЕТОДЫ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО И НЕАЛГОРИТМИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА

§ 1. ЗНАЧЕНИЕ ОБУЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ МЕТОДАМ МЫШЛЕНИЯ

Проблема управления мыслительными процессами учащихся в ходе обучения всегда была одной из важнейших как в педагогике, так и в психологии. Вопрос о том, как учить людей, чтобы они не только получали знания, но и умели думать, привлекает внимание ученых самых различных специальностей.

Знания нужны человеку не сами по себе, а для решения задач, возникающих в практической и теоретической деятельности. Но решение задач возможно только в том случае, если человек умеет пользоваться знаниями, владеет соответствующими методами мышления.

Решение задач в широком смысле этого слова занимает большое место в любой деятельности — практической и теоретической. Чтобы научиться что-либо хорошо делать (изготавливать вещи, конструировать, изобретать, грамотно писать, доказывать свои утверждения, находить причины явлений и т. п.), надо научиться решать задачи: логические, физические, химические, конструкторские, грамматические и пр. А решение задач требует умения думать. Вот почему обучение учащихся умению думать в процессе решения задач — важнейшая сторона подготовки их к практической и теоретической деятельности.

Но здесь возникает следующая проблема. Задачи, которые человек должен уметь решать в ходе своей деятельности, крайне многообразны. Научить в школе решению всех задач, которые могут встретиться в жизни, невозможно: их количество практически необозримо. Тем не менее школа должна подготовить учащихся к тому, чтобы в будущем они умели решать самые разнообразные задачи. Сделать это можно единственным способом: обучая учащихся решению **к о н к р е т н ы х** задач, формировать у них **д о с т а т о ч н о о б щ и е м е т о д ы м ы ш л е н и я** и **в о о б щ е д е я т е л ь н о с т и**, **о б щ и е с п о с о б ы** подхода к **л ю б о й** задаче, умение искать решение в любой новой ситуации⁹. Формирование таких достаточно общих методов мышления и деятельности является поэтому одной из важнейших задач школы¹⁰. Заметим также, что формирование методов мышления — это один из важных каналов, по которому должно осуществляться общее развитие учащихся, в частности воспитание их умственных способностей.

Методы мышления, сформированные на одном содержании, при правильном обучении могут переноситься на другое содержание. Поэтому, чем больше внимания будет уделяться формированию у учащихся общих методов мышления при изучении отдельных предметов, тем более общими интеллектуальными умениями и навыками учащиеся будут овладевать и тем выше, следовательно, будет их общее интеллектуальное развитие, готовность к многообразным видам практической и теоретической деятельности.

Проблема обучения учащихся достаточно общим, регулярным методам мышления — не только методическая, но и важная общедидактическая и психологическая проблема, так как с ее решением связано формирование тех общих качеств ума, которые имеют значение для усвоения любого предмета и подготовки к любому виду деятельности. Эта проблема общедидактическая также потому, что обучение общим приемам (методам) мышления предполагает разработку общих приемов (методов) обучения. Последние могут быть применимы как при обучении разным темам внутри одного предмета, так и при обучении разным предметам.

Вопрос о необходимости обучать учащихся общим методам мышления в науке и практике поставлен уже давно. Его решение, однако, продвигалось медленно, так как для создания конструктивной теории и способов формирования каких-либо процессов надо знать природу этих процессов. Последнее

⁹ В этой книге нас, однако, будут интересовать главным образом общие методы мышления, которые являются одним из видов общих методов деятельности (деятельность не сводится к мыслительной деятельности, поэтому общие методы деятельности не сводятся к общим методам мышления).

¹⁰ Общие методы мышления — не значит методы универсальные. Общность методов всегда относительна, так как связана с теми классами задач, которые посредством этих методов решаются.

неразрывно связано с уяснением того, что такое общие методы мышления, какова их психологическая природа и внутренние механизмы, что происходит в сознании человека, когда он мыслит, решает задачи.

Такой конструктивной теории мышления не дала ни ассоцианистская, ни гештальтпсихология. Одним из недостатков этих психологических направлений является то, что они не смогли объяснить активную отражательную природу мышления и его операционную структуру, раскрыть мышление как особую форму деятельности, включающую в себя, в качестве компонентов, особого рода действия — умственные действия (или мыслительные операции). Другого рода трудности возникли перед таким психологическим направлением, как бихевиоризм. Сосредоточив главное внимание на изучении связей между стимулами и реакциями, многие бихевиористы, по существу, отказались от изучения тех внутренних психологических процессов, которые опосредствуют связь стимула и реакции. Между тем лишь изучение этих процессов позволяет понять, почему в том или ином случае данный стимул вызывает именно такую реакцию, а не другую.

Подлинно научной основой для анализа психологического строения мыслительных процессов является диалектико-материалистическая методология, в рамках которой мышление предстает, с одной стороны, как особая форма отражения действительности, с другой — как специфический вид деятельности. Связав происхождение и развитие мышления с практической деятельностью людей и с языком как «практическим, действительным сознанием» (Маркс), марксизм впервые в истории философии вскрыл источник активности мышления, объяснил его действительную природу, указал пути его изучения. Мы не будем останавливаться на этом более подробно, отсылая читателя к имеющейся обширной литературе (см., например, [1-2], [5-6], [9], [11-13], [16-17], [19-21], [25-27], [29], [32], [34]).

Выявление природы общих, регулярных методов мышления — задача крайне важная и вместе с тем трудная. Между тем не разобравшись в природе методов мышления, нельзя научно ставить задачу обучения этим методам и целенаправленно управлять процессом их формирования.

Как известно, слово «метод» в науке употребляется весьма широко. Так, говорят о методе материалистической диалектики (в философии) и о методе параллельного переноса (в геометрии), о методе социалистического реализма (в эстетике) и о методе единственного различия (в индуктивной логике), о методе анализа ситуации (в психологии) и о методе лечения больного (в медицине) и т. д. И хотя эти методы отличаются друг от друга по степени своей общности и по своему характеру (в одних случаях это некоторые общие принципы подхода к действительности или к отдельным ее областям, в других — конкретные указания о действиях при решении задач достаточно узкого класса), они не случайно названы одним и тем же словом «метод». Когда говорят о методах, обычно имеют в виду некоторые предписания, или указания, о способах действий человека для достижения определенных целей (в частности, указания о том, какие операции надо производить, чтобы решать определенные задачи). Иногда методами называют также сами эти способы действий.

Например, когда говорят, что человек знает некоторый метод, то под этим подразумеваются, что он усвоил (или открыл) некоторое предписание, помнит его и может в случае необходимости им руководствоваться, а также сообщить его другим людям. Когда же говорят, что человек владеет некоторым методом, то под этим подразумевают, что он умеет производить некоторую систему операций, причем в понятие «владение методом» не обязательно включается знание предписания: человек может уметь производить определенные операции и решать определенные задачи, не зная соответствующего предписания и не осознавая своих операций. В этой книге слово «метод» будет употребляться в обоих смыслах. Но в первом разделе речь преимущественно пойдет о методах как об определенных предписаниях.

Попытаемся подойти к более содержательному раскрытию понятия метода. Отправной точкой при этом у нас будет понятие алгоритма. Это тем более целесообразно, что основное содержание этой книги посвящено применению в педагогике и психологии методов алгоритмического характера.

§ 2. ХАРАКТЕРНЫЕ ЧЕРТЫ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Алгоритм является одним из видов общих методов деятельности вообще, а не только деятельности умственной. Говоря другими словами, понятие «алгоритм» применяется не только к деятельности, осуществляющейся посредством умственных операций, но и к деятельности, осуществляющейся также и посредством практических, физических действий. Более того, алгоритмы могут предписывать операции машине. В этой книге мы, однако, рассматриваем главным образом общие методы умственной деятельности (или — что то же — общие методы мышления) человека.

Различие между умственными и физическими действиями (операциями) состоит в том, что физические действия преобразуют реальные физические объекты, преобразуют «вещи», умственные же действия преобразуют образы и понятия об этих вещах. Так, например, если реальный поворот на какое-то количество градусов некоторой объемной геометрической фигуры (сделанной, например, из дерева) есть физическое действие, то мысленный поворот этой фигуры есть действие умственное. Легко видеть, что умственное действие представляет собой преобразование не материальной вещи, а ее образа: сначала в сознании был один образ

фигуры (повернутой одной стороной к «наблюдателю»), потом стал другой образ фигуры (повернутой к нему другой стороной). Это разные образы. Отмстим, что, хотя умственные действия представляют собой преобразования не материальных объектов, а их образов (в частности, понятий), эти преобразования по своим механизмам — сугубо материальные процессы, совершающиеся в мозгу. Умственные действия, посредством которых выполняются такие преобразования, — это действия, осуществляющие реальные изменения тех образов и понятий, на которые они направлены. У человека умственные и физические действия существуют не изолированно. Многие физические действия осуществляются на основе умственных и ими регулируются; с другой стороны, сами умственные действия формируются на основе физических и в ходе деятельности взаимодействуют с ними и на них опираются. Огромное значение умственных действий состоит, в частности, в том, что благодаря им человек способен осуществлять мысленный эксперимент с предметами внешнего мира, позволяющий ему получать знания о результатах своих воздействий на эти предметы до реального осуществления соответствующих физических действий.

Детальный анализ понятия «алгоритм» нам нужен не только для того, чтобы разобраться в природе методов мышления, но и для того, чтобы обучать алгоритмам, использовать алгоритмы для более полного управления мыслительными процессами учащихся.

Понятие алгоритма возникло в математике. Под алгоритмом обычно понимают **т о ч н о е о б щ е п о н я т н о е п р е д п и с а н и е о в ы п о л н е н и и в о п р е д е л е н н о й (в каждом конкретном случае) последовательности элементарных операций** (из некоторой системы таких операций) для решения любой из задач, принадлежащих к некоторому классу (или типу).

Данная характеристика алгоритма не является точным математическим определением, но тем не менее довольно ясно раскрывает суть этого понятия. Примером алгоритма может быть хорошо известный способ деления натуральных чисел или предписание о том, как найти общий наибольший делитель двух натуральных чисел.

Последний алгоритм можно сформулировать, например, в виде следующей системы указаний¹¹:

Чтобы найти наибольший общий делитель двух натуральных чисел x и y , надо:

1. Разложить оба числа x и y на простые множители ($x = \prod x_i$, $y = \prod y_j$)*.*.

2. Найти наименьший множитель первого числа ($\min x_i$).

3. Проверить, существует ли хотя бы один множитель в разложении второго числа, равный наименьшему множителю первого числа (существует ли $y_j = \min x_i$?).

Если нет, то переходить к указанию 4.

Если да, то переходить к указанию 5.

4. Вычеркнуть наименьший множитель из разложения первого числа и переходить к указанию 7.

5. Выписать множитель из разложения второго числа, равный наименьшему множителю первого числа (выписать $y_j = \min x_i$).

6. Вычеркнуть этот множитель из обоих разложений.

7. Проверить, остался ли в разложении первого числа хоть один не вычеркнутый множитель.

Если нет, то переходить к указанию 8.

Если да, то переходить к указанию 2.

8. Перемножить все выписанные множители и закончить работу по алгоритму.

Произведение выписанных множителей и будет наибольшим общим делителем¹².

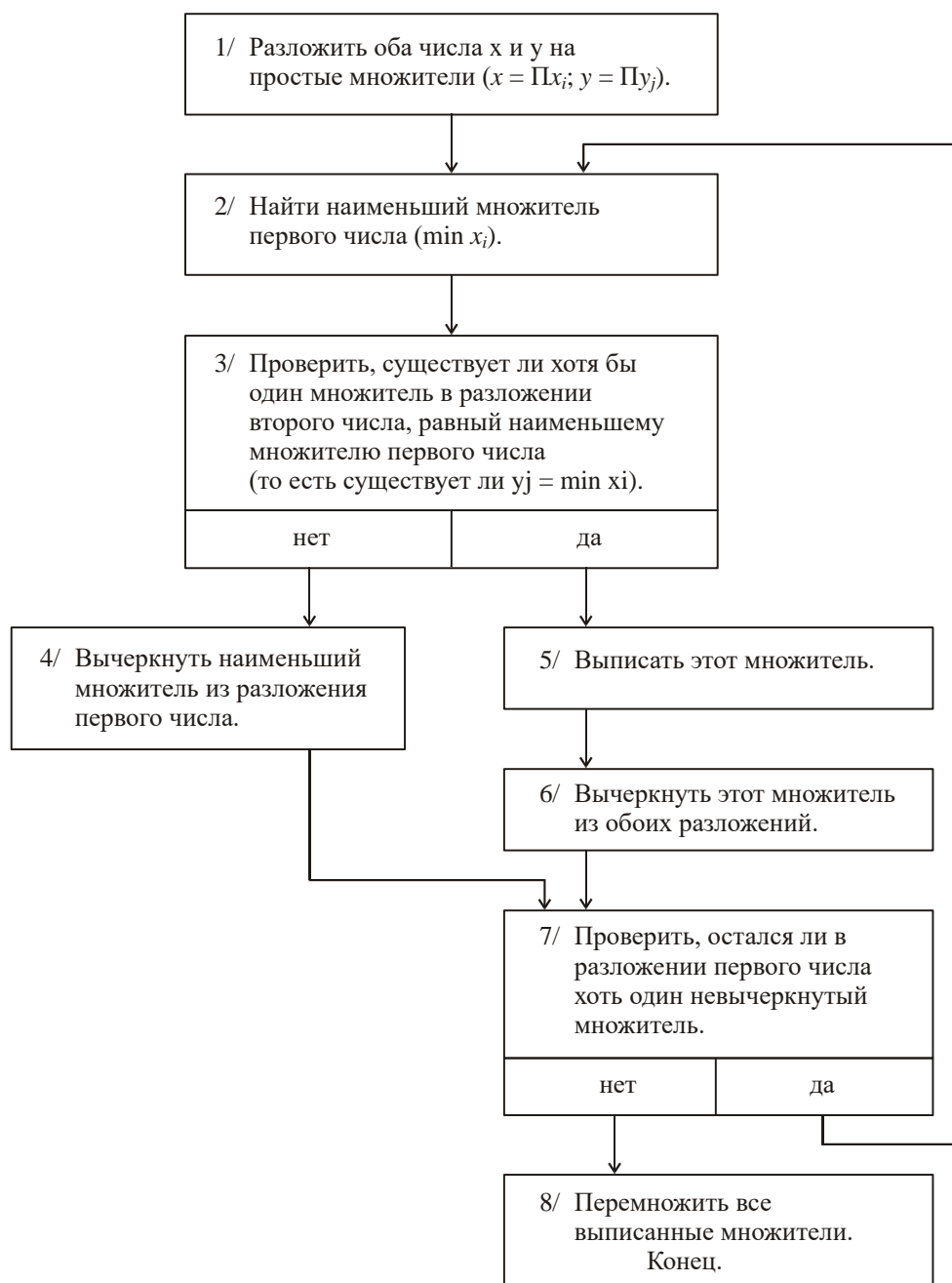
Значительно более наглядно этот алгоритм можно изобразить в виде следующей блок-схемы:

¹¹ Предписание (алгоритм) состоит из указаний, которые иногда называют также правилами.

* Здесь Π — знак произведения (аналогичный знаку Σ для суммы), x_i (y_j) — множители числа x (соответственно y), причем индекс i (j) принимает столько значений, сколько у числа x (соответственно y) имеется множителей (различных или совпадающих).

** Это, в свою очередь, делается в несколько шагов для каждого числа: например, первое из них, если это возможно, делится на 2, если нет, то на 3 и т.д. по всем простым числам, не превосходящим самого этого числа; то же делается с каждым результатом деления, пока мы не приходим к простому частному. Используемые в процессе деления делители — в том числе и совпадающие между собой — дают искомое разложение. Если же ни одного простого делителя не обнаружено, то само число оказывается простым и представляет собой свое собственное разложение.

¹² Приведенное предписание составлено нами в результате разложения на отдельные операции правила, данного в учебнике арифметики для V и VI класса средней школы: «Чтобы найти наибольший общий делитель нескольких чисел, достаточно, разложив их на простые множители, перемножить между собой те из этих множителей, которые общие всем данным числам» [660]. Заметим в связи с этим, что слово «правило» в науке употребляется весьма неоднозначно. Правилами называют и указания, из которых состоят предписания-алгоритмы, и предписания, подобные только что приведенному, и некоторые другие указания и утверждения. Более подробно о некоторых разновидностях правил будет сказано в одной из последующих глав.



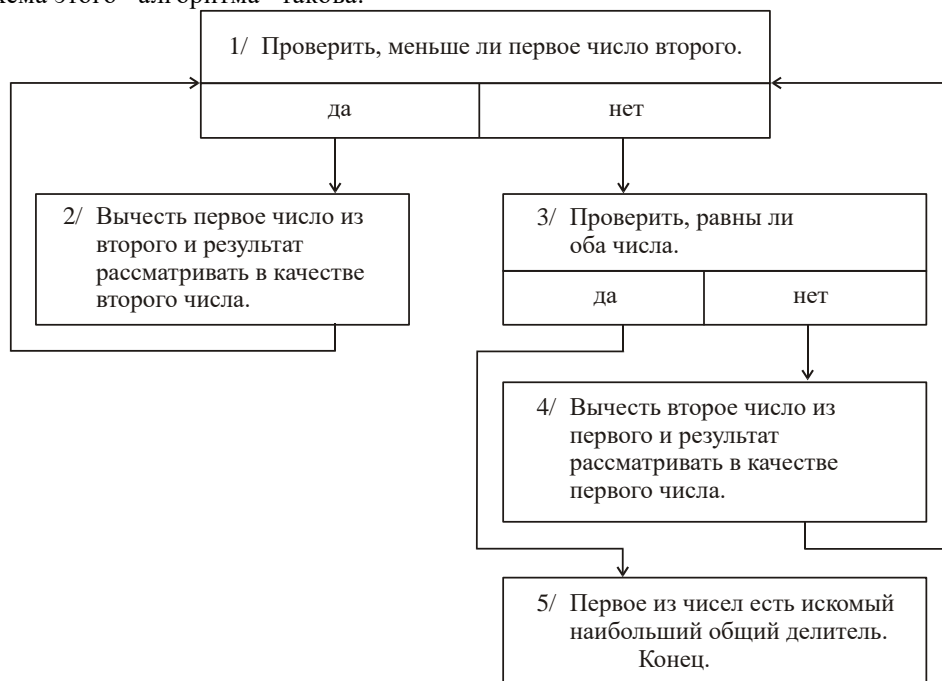
Эту же задачу нахождения наибольшего общего делителя можно решить другим методом, посредством других операций, последовательность которых можно также описать в виде определенной системы указаний ¹³:

Чтобы найти наибольший общий делитель двух натуральных чисел, надо:

1. Проверить, меньше ли первое число второго.
Если да, то переходить к указанию 2.
Если нет, то переходить к указанию 3.
2. Вычесть первое число из второго и результат рассматривать в качестве второго числа. Перейти к указанию 1.
3. Проверить, равны ли оба числа.
Если да, то переходить к указанию 5.
Если нет, то переходить к указанию 4.
4. Вычесть второе число из первого и результат рассматривать в качестве первого числа. Перейти к указанию 1.
5. Сделать вывод: первое из чисел и есть искомый наибольший общий делитель двух исходных чисел — и на этом закончить работу по алгоритму.

¹³ Приводимый ниже алгоритм является некоторой модификацией так называемого алгоритма Евклида.

Блок-схема этого алгоритма такова:



Операции, посредством которых осуществляется решение задачи, носят, как мы видим, общий характер в том смысле, что они применяются по отношению к любым числам, наибольший общий делитель которых надо найти. Особенность данных операций состоит еще и в том, что они объединены в определенную систему и осуществляются в строгой последовательности (хотя эти системы даже для решения одного и того же класса задач могут быть, как мы видели, различными). Но внутри системы последовательность операций строго определена.

Открытие и формулирование алгоритмов стало одной из важнейших задач математики с момента ее возникновения как науки. По этому поводу академик А. Н. Колмогоров [110] пишет: «Во всех случаях, где это возможно, нахождение алгоритмов является естественной целью математики». В процессе своего развития математика стремилась искать все более общие (мощные) алгоритмы решения задач, которые позволили бы единым способом, т. е. посредством одной и той же системы операций, решать все более и более широкие классы задач.

Успехи в разработке общих способов решения задач привели в свое время даже к мысли о том, нельзя ли целиком формализовать математику и создать универсальный алгоритм столь большой степени общности, чтобы стало возможным единым методом решать все математические задачи¹⁴. Такой алгоритм, в частности, пытался создать Лейбниц. Как известно, эта попытка к успеху не привела. Более того, позже было доказано, что целиком формализовать математику (как, впрочем, и другие науки) вообще невозможно¹⁵. Было также доказано существование классов задач, для которых нельзя построить единого алгоритма (так называемые алгоритмически неразрешимые массовые проблемы)¹⁶. Впервые такое доказательство было осуществлено Чёрчем [186]. Позже алгоритмически неразрешимые массовые задачи были обнаружены А. А. Марковым [126], Э. Л. Постом [195], П. С. Новиковым [138] и другими математиками.

Понятие об алгоритмически неразрешимой массовой проблеме не следует смешивать с понятием о неалгоритмизированной (на данной ступени познания и практики) задаче. Если в первом случае речь идет о том, что для некоторого достаточно широкого класса задач нельзя построить единого алгоритма их решения (причем зачастую для некоторого подкласса или подклассов этого класса задач алгоритмы построить можно), то во втором случае речь идет о таких задачах, которые еще надлежащим образом не уточнены и не формализованы, что не позволило построить однозначные предписания, определяющие регулярный процесс их решения. Примеры подобных задач будут приведены несколько ниже.

Несмотря на существование в математике алгоритмически неразрешимых массовых проблем, поиск алгоритмов решения задач (в тех случаях, когда не доказано, что такие алгоритмы невозможны), занимает

¹⁴ Понятия «способ» и «метод» мы употребляем здесь в одном и том же смысле. Мы пользуемся двумя различными словами, исходя лишь из стилистических соображений.

¹⁵ В 1931 г. Гёдель [189] доказал, что уже теория элементарной арифметики натуральных чисел не может быть полностью формализована, что нельзя построить такую конечную и непротиворечивую систему аксиом и правил вывода, из которой можно было бы вывести все содержательно-истинные предложения элементарной арифметики.

¹⁶ О понятии массовой проблемы см., например: Ю. А. Гастев [79] В. М. Глушков [84], В. А. Успенский [165], [166].

очень важное место в развитии математики. Определение же того, для каких типов задач возможны алгоритмы, а для каких нет, имеет большое гносеологическое значение, поскольку позволяет выяснять степень общности типов тех или иных задач и методов мышления. Это имеет также большое практическое значение, так как указывает на бесполезность поисков алгоритма в тех случаях, когда доказано, что некоторая массовая проблема является алгоритмически неразрешимой.

Алгоритмы обычно характеризуют следующими существенными чертами: детерминированностью, массовостью и результативностью.

Д е т е р м и н и р о в а н н о с т ь . Эта черта состоит в том, что указания, входящие в предписания-алгоритмы, должны быть строго определенными, т. е. точно указывающими характер и условия каждого действия и исключающими случайность в выборе действий, общепонятными и однозначными, т. е. апеллирующими к достаточно элементарным операциям, которые соответствующая система — человек или машина — умеет выполнять единообразно.

Говоря другими словами, детерминированность алгоритма выражается в том, что решение задач по алгоритму является процессом строго направленным, полностью управляемым, не допускающим произвола. Это процесс, который может быть повторен любым лицом (или машиной, если алгоритм «вложен» в машину) и ведет при одинаковых исходных данных к одинаковым результатам.

М а с с о в о с т ь . Эта черта выражается в том, что в качестве исходных данных задачи, которая решается посредством алгоритма, может выступать л ю б о й объект, принадлежащий к определенному классу. Так, например, алгоритм деления чисел применим не только к числам, скажем, 243 и 3 или 150 и 5, а к любым натуральным числам. Алгоритмы потому и можно рассматривать в качестве общих методов деятельности, что они позволяют решать не просто какую-либо одну конкретную задачу с какими-либо единственными исходными данными, а самые различные задачи — задачи из некоторого класса (типа) задач, причем этот класс может содержать неопределенно большое, а в дедуктивных науках обычно бесконечное число конкретных задач, различающихся исходными данными.

Р е з у л ь т а т и в н о с т ь . Эта черта выражается в том, что алгоритм всегда направлен на получение некоторого искомого результата, который при надлежащих исходных данных всегда получается. Эта черта алгоритма, однако, не предполагает, что алгоритмы приводят к получению нужного результата при всех исходных данных, принадлежащих к определенному классу. Возможно, что к некоторым исходным данным алгоритм оказывается неприменимым, и тогда процесс выполнения алгоритма либо безрезультатно обрывается, либо никогда не заканчивается¹⁷.

Выше было сказано, что алгоритм представляет собой предписание о выполнении в определенной последовательности некоторой системы элементарных операций для решения всех задач данного класса. Из характеристики основных черт алгоритма ясно, что хотя алгоритм представляет собой предписание о выполнении некоторой системы операций, отнюдь не всякое предписание о выполнении операций является алгоритмом.

Чтобы более четко уяснить основные свойства алгоритмов, заметим следующее.

В процессе решения задачи по некоторому предписанию всегда имеется: 1) само предписание, состоящее из определенных указаний (правил, команд) о выполнении над определенными объектами определенных действий, или операций (оно может быть написано, например, на бумаге); 2) некоторая система-исполнитель (например, человек или машина), к которой эти указания адресованы и которая их выполняет, осуществляя над этими объектами определенные операции; 3) объекты, на которые направлены операции и которые под воздействием операций преобразуются. Решение любой задачи состоит в конечном счете в преобразовании некоторого объекта или объектов из одних (исходных) состояний в другие (конечные состояния)¹⁸.

В процессе решения задачи по любому предписанию (не обязательно носящему алгоритмический в описанном выше смысле характер) имеются отношения двух родов: отношение предписания к системе, которая должна это предписание выполнять, осуществляя соответствующие операции, и отношение системы и ее операций к объекту, на который эти операции направлены и который под их воздействием преобразуется. В связи с этим о «детерминировании» можно говорить в двух смыслах: о детерминировании (вызывании, актуализации) действий решающего определенным предписанием и о детерминировании (вызывании, обусловливании) преобразований объекта действиями решающего.

¹⁷ Однако, как указывает А. А. Марков [127], «возможность безрезультатного обрыва можно исключить, не ограничивая, по существу, общности понятия «алгоритм» ».

¹⁸ Если решается мыслительная задача, то объектом преобразования являются образы, понятия о материальных объектах, их свойствах и отношениях.

Некоторое предписание однозначно (полностью, строго) детерминирует действия по решению задач, если каждое указание этого предписания всегда вызывает у решающих в одинаковых ситуациях одинаковые операции¹⁹. И наоборот, некоторое предписание не однозначно (не строго, не полностью) детерминирует действия по решению задач, если хотя бы одно из указаний может вызывать у решающих (или у одного и того же решающего) в одинаковых ситуациях разные операции.

Каждая направленная на объект операция вызывает переход объекта из одного состояния в другое²⁰. Преобразование может состоять из одного перехода, а может состоять и из цепи переходов (это, так сказать, одношаговое и многошаговое преобразования). Переход объекта из состояния в состояние будет однозначным (говорят также строго детерминированным), если какая-то операция, примененная к объекту, находящемуся в некотором определенном состоянии, всегда вызывает его переход в одно и то же другое состояние. И наоборот, переход объекта из состояния в состояние не будет однозначным, т. е. не будет строго детерминированным, если одна и та же операция, примененная к объекту, находящемуся в одном и том же состоянии, в одних случаях вызывает его переход в какое-либо одно состояние, в других случаях — в другое²¹.

Условимся теперь обозначать состояния объектов малыми латинскими буквами, а операции, применяемые к объектам (находящимся в некоторых состояниях), — большими латинскими буквами. Переход из состояния a в состояние b мы будем обозначать через $a \Rightarrow b$; если при этом мы хотим указать, что переход осуществляется под действием операции A , то будем писать $a \xRightarrow{A} b$ или же $A(a) = b$. Мы будем также пользоваться выражениями вида $(a \xRightarrow{A} b) \dot{\vee} (a \xRightarrow{A} c)$ или более сокращенно $a \xRightarrow{A} b \dot{\vee} c$, понимая их, соответственно, как сообщения о том, что происходит один и только один из переходов $a \Rightarrow b$ и $a \Rightarrow c$.

Вообще запись $q_0 \xRightarrow{A} q_1 \dot{\vee} q_2 \dot{\vee} \dots \dot{\vee} q_n$ читается: «Применение операции A к состоянию q_0 (рассматриваемого объекта) переводит его в одной и той же ситуации в одно и только одно состояние из конечного множества n состояний q_1, \dots, q_n »²².

На каждом шаге алгоритмического процесса подлежащий преобразованию объект может находиться в одном из некоторого числа состояний q_1, q_2, \dots, q_n ; характер преобразования объекта на этом шаге определяется характером воздействия на него и тем, в каком состоянии он находится. Алгоритм считается заданным, если однозначным образом указаны те действия, которые на каждом шаге должны быть произведены с объектом при всех его возможных состояниях, чтобы перевести его в требуемое конечное состояние. При этом все возможные состояния объекта считаются известными и предусматриваются однозначные реакции решающего задачу на каждое из них²³. Алгоритмы требуют одинаковых действий в ответ на одинаковые условия (состояния) независимо от того, в результате каких

¹⁹ Мы здесь не будем уточнять, что значит «одинаковые ситуации» и «одинаковые операции», предполагая, что мы умеем распознавать (отождествлять и различать) как операции, так и ситуации. Мы, например, отличаем «открыть» от «закрыть» и умеем про некоторые действия с дверью всегда сказать, открывают ее или закрывают. Надо, однако, заметить, что задача отождествления и различения операций не всегда так проста, как в этом случае, и нередко требуется точно определить, какие операции считать «одинаковыми», а какие «разными». Но поскольку более подробное рассмотрение этого вопроса не входит в нашу задачу, будем считать, что в интересующих нас случаях мы умеем отождествлять и различать операции и ситуации.

²⁰ Под состоянием при этом имеется в виду конечное множество выделенных и зафиксированных характеристик объекта (в частном случае это может быть одна единственная характеристика), которые важны для рассмотрения его с определенной точки зрения и посредством которых объект в определенных целях описывается. Кроме них, у объекта обычно имеются другие характеристики, которые не включаются в рассмотрение, не фиксируются и поэтому не входят в понятие состояния в только что указанном смысле. У реальных предметов имеются также свойства, которые вообще на данной ступени познания могут быть неизвестны.

²¹ Вопрос о типах переходов объектов из состояния в состояние в общем случае рассмотрен, в частности, в книге Эшби [179]. Здесь только заметим, что неоднозначные переходы из состояния в состояние объясняются тем, что на переход объекта из состояния в состояние могут влиять такие его свойства или происходящие в нем процессы, которые заранее не были учтены и не «включены» в исходное состояние, а также всевозможные внешние случайные факторы.

²² Знак $\dot{\vee}$ при таком употреблении не следует смешивать с логической операцией строгой (разделительной) дизъюнкции в математической логике. О различии смыслов разделительного или естественного языка и строгой дизъюнкции см. ниже, в главе VIII.

²³ Поскольку при преобразованиях реально существующих объектов не всегда можно учесть все возможные состояния, в которые объект может перейти на том или ином шаге преобразования, множество возможных состояний в ряде случаев оказывается неопределенным и точного алгоритма при таких обстоятельствах задать нельзя. Более подробно о причинах, делающих невозможным алгоритмизацию решения всех задач, будет сказано дальше.

реальных причин объект пришел в то или иное состояние из множества возможных (предусмотренных) состояний и был ли переход в это состояние строго или не строго детерминированным.

Сказанное позволяет более точно сопоставить алгоритмические методы с неалгоритмическими и уяснить особенности последних.

§ 3. ОСОБЕННОСТИ НЕАЛГОРИТМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ИХ РОЛЬ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ

Неалгоритмические методы, в отличие от алгоритмических, детерминируют действия решающего неоднозначно, не полностью. Указания, из которых состоят неалгоритмические методы, обладают той или иной степенью неопределенности и вызывают у решающих (или у одного и того же решающего) в одной и той же ситуации различные действия. При этом могут иметь место, например, такие случаи: 1) указания, входящие в предписания, таковы, что вообще не вызывают (не актуализируют) у решающих каких-либо действий, так как не обладают свойством общепонятности; 2) указания, входящие в предписание, таковы, что каждое из них (или хотя бы одно) можно выполнить посредством разных действий, которые приведут к разным преобразованиям исходных объектов. При этом, в свою очередь, могут иметь место разные случаи, например: а) конкретные действия, посредством которых можно выполнить данное указание, не названы; б) конкретные действия, посредством которых можно выполнить данное указание, названы, и решающий может выбрать одно из них и т. д.

Приведем несколько примеров предписаний неалгоритмического типа.

Пример 1.

Представим себе, что ученику, который не смог решить некоторую математическую задачу, было дано следующее предписание относительно того, что надо делать, чтобы ее решить.

1. Внимательно прочти условие.
2. Подумай, как связаны между собой данные.
3. Сделай все вытекающие из данных выводы.

Это предписание не будет алгоритмом, потому что операции, которые здесь указаны, не элементарны и не общепонятны. Ученик потому часто и не может решить задачу, что не умеет внимательно читать условие, не знает («не понимает»), как надо думать, как надо делать выводы и т. п. Ему же говорят: «Подумай», «Сделай выводы». Чтобы это предписание превратить в алгоритм, надо каждое из указаний расчленить на такие простые, элементарные указания, которые ученик будет знать, как выполнять, и сумеет выполнить. Только тогда предписание сможет вызвать (актуализировать) нужные операции и тем самым породить такой мыслительный процесс, который наверняка обеспечит решение задачи²⁴.

Пример 2.

В некотором предписании, указывающем действия, которые должен производить решающий в ходе поиска доказательства школьной геометрической теоремы, есть такое указание: «Соотнеси выделенный элемент фигуры с другими элементами и сделай выводы об его свойствах». Указание такого типа является неалгоритмическим, поскольку разные учащиеся могут выполнить его по-разному, соотнеся элемент фигуры с разными другими элементами и сделав в результате этого разные выводы.

Пример 3.

В предписании, которым определяется ход некоторой игры, имеются такие указания:

1. Подойди к книжной полке, на которой стоят три книги.
2. Возьми книгу, стоящую в середине.
3. Открой ее на странице, номер которой оканчивается цифрой 5.
4. Найди на этой странице первое слово.
5. Отметь в нем первую букву.

6. Если эта буква принадлежит к первой половине алфавита (т. е. к множеству букв от А до П), то выполни с книгой действие А и на этом закончи свои действия.

7. Если эта буква принадлежит ко второй половине алфавита, то выполни с книгой действие В и на этом закончи свои действия.

²⁴ Надо сказать, что «алгоритмы», подобные приведенному, часто даются не только ученикам (со стороны учителей), но и учителям (со стороны методистов). Когда, например, в качестве указания, как надо вести урок, учителю говорят, что он должен «возбудить у учеников интерес» или «вызвать активное внимание», однако не раскрывается, из каких действий состоит это «возбуждение интереса» и «вызов внимания», то такие указания оказываются мало полезными. Ведь учитель, которому адресованы такие указания, часто как раз и не знает, как это надо делать. Вообще указания такого рода являются характерной чертой всякого неконкретного руководства, а ведь цель любого предписания или отдельного указания — именно хорошее руководство процессом, возможно более полное управление им.

Если допустить, что все операции, указанные в этом предписании, являются достаточно элементарными и люди, которым оно адресовано, умеют эти операции производить, то это предписание все равно не будет алгоритмическим, потому что в нем имеется одно неопределенное указание — «Открой книгу на странице, номер которой оканчивается цифрой 5».

Разные люди, выполняя это указание, могут открыть разные страницы и, выполнив над книгой разные действия, придут к разным результатам. Процесс деятельности в целом, таким образом, также оказывается не полностью детерминированным: третье указание обладает неопределенностью, так как может быть выполнено по-разному.

В некоторых случаях, когда известно точное количество различных действий, посредством которых можно выполнить то или иное указание, степень неопределенности этого указания можно измерить. Так, например, если в книге имеется четыре страницы, оканчивающиеся цифрой 5, и вероятности открывания каждой из них одинаковы, степень неопределенности указания «открой книгу на странице, оканчивающейся цифрой 5» равна $\log 4 = 2$ дв. ед. Если в книге таких страниц, например, 8, то степень неопределенности того же указания будет в этом случае равна $\log 8 = 3$ дв. ед.

Из сказанного ясно, что неалгоритмические методы, не детерминируя полностью действий решающего, требуют от него в процессе решения задач самостоятельного нахождения действий и самостоятельного принятия решений. Неполная детерминированность деятельности соответствующим предписанием, незнание (или неточное, неполное знание) того, какие операции надо в том или ином случае производить, чтобы решить задачу, и является, по-видимому, той существенной особенностью, которая позволяет назвать такую деятельность самостоятельной.

Понятие, самостоятельной деятельности здесь употребляется не в том смысле, что человек сам производит какие-то действия (в этом смысле действия по алгоритму также являются самостоятельными), а в том, что он сам выбирает действия, находит их, самостоятельно принимает решения о способе действий, не имея возможности воспользоваться каким-либо готовым предписанием о том, как надо действовать. Высшей ступенью развития самостоятельной деятельности является творческая деятельность, которая требует не просто самостоятельных решений о способе действий, а открытия новых, оригинальных способов действий.

Пользуясь понятием алгоритма, можно охарактеризовать самостоятельную деятельность (в том числе деятельность мыслительную) как деятельность, не детерминированную соответствующими предписаниями или детерминированную не полностью.

Из рассмотрения различных неалгоритмических методов можно сделать вывод, что степень недетерминированности действий предписаниями может быть в разных случаях разной. Одно дело, например, когда в предписании неопределенным (или неоднозначным) является всего одно указание (в этом случае не полностью детерминируется, а потому является самостоятельной или творческой всего какая-то маленькая «часть» процесса, может быть, всего один шаг). Другое дело, когда неоднозначными являются несколько или даже большинство указаний. В этом случае самостоятельными или творческими являются большинство шагов. Характер и степень детерминированности каждого шага может быть также неодинаковой. Это означает, что неодинаковой является и та степень самостоятельности или творчества, которые требуются для осуществления соответствующего шага.

Так, если в предписании указано множество операций, посредством которых можно выполнить некоторое указание, то произвести выбор одной операции из указанного множества легче, чем в случае, когда такое множество операций не указано и выбор надо произвести из памяти (здесь не имеется в виду случай, когда в памяти «заложен» алгоритм). Найти нужную операцию при более высокой степени неопределенности указания труднее, чем при более низкой степени неопределенности (в первом случае область выбора больше). Степень неопределенности указания может быть, таким образом, одним из показателей «степени самостоятельности», которая требуется для реализации данного указания. Найти и применить маловероятную операцию (при заданной степени неопределенности указания) труднее, чем операцию более вероятную и т. д.

Некоторые из указанных трудностей — а они, как мы говорили, являются трудностями самостоятельной деятельности или, при определенных условиях, трудностями творчества — измеримы. И можно полагать, что нет ничего невозможного в том, чтобы создать некоторые критерии, которые позволят оценивать (по крайней мере, по некоторым параметрам), в какой мере та или иная задача требует самостоятельного мышления, в какой степени она является творческой.

В чем необходимость разработки и использования в процессе решения задач, наряду с алгоритмами, методов неалгоритмического характера?

Она заключается в том, что для многих задач заранее невозможно знать или предусмотреть всех тех условий и операций, которые необходимо использовать для решения (построение же алгоритма

предполагает выделение полной системы таких условий и операций), невозможно также знать требуемую последовательность операций, связь определенных операций с определенными условиями и т. д. Ведь решение многих задач — это не просто применение известных знаний и способов действий к конкретной ситуации: это познание непознанного, открытие неизвестного. Именно потому, что при решении многих задач все заранее учесть и предусмотреть невозможно, невозможно заранее построить и алгоритмы их решения. Можно лишь указать некоторые способы подхода к решению, частично направляющие действия решающего, но не детерминирующие их полностью. Решающий, который пользуется такими методами, должен по ходу решения находить и осуществлять такие действия, которые требуются ситуацией, свойства которой будут выявлены или открыты в самом процессе решения²⁵.

В качестве примера неалгоритмических методов, которые не детерминируют полностью действий решающего, можно указать методы криминалистического анализа ситуаций. Так, автор одной из книг по логике судебного исследования А. А. Старченко [30] пишет: «Для того чтобы быстро, по «горячим следам» вести расследование дела, необходимо иметь хотя бы предположительные ответы на такие вопросы, как где искать доказательства, как их искать, а самое главное что искать, какие факты в данном конкретном случае могут выполнить роль доказательств по делу». Но именно на эти вопросы у следователя и нет сначала ответа. Необходимые данные он может получить только в процессе самого расследования. Построить общий, универсальный алгоритм криминалистического анализа ситуаций невозможно, так как заранее невозможно предусмотреть всех тех предметов, их свойств и связей, которые могут оказаться существенными для раскрытия преступления. Всегда может оказаться существенным такое новое обстоятельство, которое раньше не было известно, никогда не встречалось и поэтому не могло быть заранее учтено и включено в алгоритм.

Однако по мере того как точно выявляются существенные для решения определенных задач условия, составляется их исчерпывающий перечень (там, где это осуществимо), определяются их связи и способы их выявления, становится возможным на основе методов неалгоритмического характера строить алгоритмические методы, превращать предписания, содержащие неопределенные указания, в предписания, детерминирующие процесс решения полностью²⁶.

На приведенном выше примере (пример 3) легко показать, каким образом метод неалгоритмического характера можно превратить в метод алгоритмического характера. Для этого надо указания, содержащие неопределенность, заменить указаниями, которые неопределенности не содержат. Так, неопределенное указание «открой книгу на странице, номер которой оканчивается цифрой 5», можно заменить определенным указанием «открой книгу на 15-й странице». Теперь указание будет полностью определенным (алгоритмическим).

Развитие науки, особенно за последние годы, дало много примеров превращения методов неалгоритмического характера в алгоритмы. То, что еще недавно считалось не поддающимся алгоритмизации, в действительности, как оказалось, может быть алгоритмизировано. Многие виды деятельности, для которых формулировались только методы неалгоритмического характера (и которые поэтому требовали интуиции, творчества и т. п.), в настоящее время алгоритмически описаны. Созданы такие точные и однозначные предписания относительно способов решения в недавнем прошлом сугубо творческих задач, что становится возможным передать решение этих задач даже электронным вычислительным машинам. Одним из таких примеров являются диагностические задачи.

В свое время С. П. Боткин наметил основные черты «метода диагноза», которые, как пишут И. Н. Осипов и П. В. Копнин [18], без существенных изменений остаются справедливыми и по сей день. Вот как эти авторы излагают «метод диагноза» на современном языке: «Первой, весьма важной частью метода диагноза служит подробное изучение объективных симптомов, наблюдающихся у больного. Второй частью является детальное выяснение анамнеза и изучение субъективных симптомов. Третья часть представляет собой «разбор открытых исследованием фактов» (Боткин), включая анатомическую и

²⁵ Сказанное о том, что процесс решения во многих случаях не может быть полностью детерминирован алгоритмом, а направляется лишь знанием и владением методами неалгоритмического характера, не означает, что таким методам нельзя целенаправленно обучать. Им обучали и обучают (опыт такого обучения описан, в частности, в нашей статье [686]). Несомненно, однако, что обучение неалгоритмическим методам является не только более сложным, чем обучение алгоритмическим методам, но и менее надежным, так как никогда нельзя гарантировать того, что в результате обучения ученик будет успешно решать все задачи, требующие применения соответствующих неалгоритмических методов.

²⁶ Эти алгоритмические методы (алгоритмы) все равно не будут всеобъемлющими, так как исчерпать процесс познания невозможно, но они могут быть пригодны для решения тех задач, условия и методы решения которых к настоящему моменту познаны. Эти алгоритмы — как бы своеобразный итог определенной ступени познания некоторой области явлений.

функциональную диагностику, а также диагноз болезни. Четвертая часть заключается в «диагнозе больного», который следует строго отличать от «диагноза болезни». Пятая часть состоит из прогноза заболевания».

Данное описание этапов нетрудно сформулировать в виде предписания, что надо делать врачу, чтобы поставить диагноз: 1) изучай объективные симптомы, наблюдающиеся у больного; 2) выясни анамнез и изучай субъективные симптомы; 3) разбирай вскрытые исследованием факты и ставь диагноз болезни; 4) ставь «диагноз больного»; 5) осуществи прогноз заболевания. Здесь «метод диагноза» сформулирован в виде предписания (системы указаний) о действиях врача. Это предписание, однако, не представляет собой алгоритма, так как каждое указание апеллирует не к элементарным, а к достаточно сложным, составным операциям, при этом степень неопределенности каждого указания достаточно велика. Но в настоящее время для диагноза ряда заболеваний составлены, как известно, алгоритмы, полностью детерминирующие решение диагностических задач. В работах [41], [44], [63-66], [77], [118], [194] и других описаны логические и математические принципы подхода к построению таких диагностических алгоритмов²⁷. Значение перехода от неалгоритмических методов диагноза к алгоритмическим состоит не только в том, что теперь диагностическую задачу может решать машина. Знание алгоритмов решения диагностических задач крайне важно для самих врачей, так как, действуя по алгоритму, они более планомерно могут вести исследование больного, учтут такие симптомы, которые они могли «упустить», «не заметить», вспомнят такие болезни, которые могли не «прийти в голову». Строгая детерминированность диагностического процесса значительно уменьшает возможности диагностических ошибок вследствие различных субъективных причин (особенностей памяти врача, характера его знаний, типа его мышления и т. д.), намного повышая «надежность» диагноза.

Мы привели только один пример перехода от неалгоритмических методов к алгоритмическим. Таких примеров можно было бы привести значительно больше (например, построение алгоритмов оптимального планирования в экономике, алгоритмов машинного перевода в математической лингвистике и некоторых других). Алгоритмизация процессов мыслительной деятельности в самых различных областях — прогрессивная тенденция современной науки. Роль алгоритмизации в настоящее время весьма велика. Алгоритмизация имеет огромное значение как для теории, так и для практики, открывая перед наукой новые большие возможности.

²⁷ Особенностью многих диагностических алгоритмов является то, что исходные данные диагностической задачи (признаки болезни) эти алгоритмы перерабатывают в название не одной болезни, а некоторой совокупности возможных болезней с указанием вероятности каждой из них. Говоря другими словами, на выходе алгоритма получается некоторая таблица с указанием вероятностей нескольких заболеваний, возможных при данных признаках. Но при одинаковых исходных данных на выходе алгоритма всегда будут получаться одинаковые таблицы.

II ПРЕДПИСАНИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ТИПА

§ 1. ПОНЯТИЕ ПРЕДПИСАНИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ТИПА

В этой книге сделана попытка применить понятие алгоритма к ряду педагогических и психологических явлений. Как мы уже говорили, процесс обучения представляет собой один из видов управления. В связи с этим понятие алгоритма является для педагогики и психологии крайне важным: алгоритмы могут служить одним из средств эффективного управления процессами обучения и учения. Однако понятие (математического) алгоритма, связанное с преобразованием объектов лишь некоторых стандартных видов (скажем, знаков некоторого алфавита) и полной формализацией²⁸ процесса этого преобразования, в педагогике и психологии представляется непосредственно малоприменимым. Во многих случаях мы не знаем, как в применении к вопросам, рассматриваемым в этих областях знания, строить алгоритмы в точном математическом смысле этого слова²⁹, но умеем строить предписания, обладающие рядом существенных черт алгоритмов (а именно детерминированностью действий, массовостью, результативностью), но не обладающие некоторыми другими их чертами. Чтобы отличать предписания последнего вида от предписаний, являющихся алгоритмами в точном смысле этого слова, назовем такие предписания предписаниями алгоритмического типа, или, для краткости, просто алгоритмическими предписаниями³⁰.

Целесообразность введения понятия предписания алгоритмического типа определяется следующими обстоятельствами. Понятие (математического) алгоритма связано с двумя требованиями, которые в сфере педагогики и психологии (а также некоторых других наук) выполняются особым образом и часто с известной степенью приближения. Одно из них — это требование конструктивности, т. е. однозначной опознаваемости (различаемости и отождествляемости) тех объектов, над которыми осуществляются операции, предписываемые правилами алгоритма. Другое требование состоит в выделении явном указании конечного набора операций, которые используются в данной алгоритмической системе (в нормальных алгорифмах А. А. Маркова, в машинах Тьюринга и т. п.).

В теории алгоритмов — при различных уточнениях понятия алгоритма — эти требования выполняются так.

Во-первых, заранее фиксируется область объектов некоторого стандартного вида (это обычно буквы некоторого алфавита знаков), относительно которых естественно считать, что их различение и отождествление не связано с какими-либо трудностями, происходит на уровне наглядного восприятия и интуитивной очевидности; конструктивность этих объектов считается безусловной и предполагается заранее заданной.

Во-вторых, фиксируется конечное множество операций над этими объектами, причем элементарность и выполнимость этих операций также считается безусловной и предполагается заранее заданной.

Отличие понятия предписания алгоритмического типа от поднятия (математического) алгоритма состоит в следующем. В соответствии с характером задач, возникающих в педагогике и психологии, область конструктивных объектов, с которыми приходится иметь в них дело, не может быть заранее фиксирована, каким-либо образом стандартизована. Конструктивность («жесткость», различаемость и отождествляемость) объектов является здесь сугубо относительной, зависящей от интеллектуального уровня учащихся, от навыков и искусства экспериментатора, учителя, методиста, от достигнутого человеком уровня знаний и т. п. Конструктивность или неконструктивность тех или иных объектов в практике обучения людей во многом является — и это будет

²⁸ О понятии формализации, уточняемом в современной математической логике, см. подробнее, например: С. К. Клини [107], Л. А. Калужнин [103]; методологические аспекты формализации рассматриваются в статье Б. В. Бирюкова и А. А. Коноплянкина [56].

²⁹ О математическом понятии алгоритма см., например, статью В. А. Успенского [166], содержащую обширную библиографию.

³⁰ Заметим, что нередко термин «предписание алгоритмического типа» (или «алгоритмическое предписание») ведет к стилистическим трудностям. В тех случаях, когда такие трудности будут возникать, мы будем заменять этот термин словом «алгоритм». Подчеркнем, однако, что слово «алгоритм» мы будем употреблять не в строгом математическом смысле, а как синоним термина «предписание алгоритмического типа». Например, вместо выражения «алгоритмическое предписание о способе обучения» мы будем просто говорить «алгоритм обучения», вместо выражения «алгоритмическое предписание о способе распознавания» просто «алгоритм распознавания» и т. п.

показано в дальнейшем изложении — тем фактом, который часто может быть установлен лишь путем наблюдения и эксперимента.

Аналогично обстоит дело и с операциями, которые имеют место в процессах обучения людей. Они слишком многообразны, чтобы их можно было представить в виде некоторого завершенного, конечного списка. Относительный характер носит и их элементарность, или простота, — об этом мы будем в дальнейшем говорить подробно. Кроме того, операции, допускаемые для алгоритмических предписаний, часто предполагают апелляцию к пониманию того, что делает человек, к явному учету смысла, содержания языковых выражений и т. п. Можно сказать — что это означает, мы поясним ниже, — что, в отличие от алгоритмов в строгом математическом смысле, алгоритмические предписания допускают правила, которые обращены не только к формальным, но и к содержательным операциям.

Последнее следует понимать следующим образом. Алгоритм (в математическом смысле) предполагает оперирование с конструктивными объектами некоторого стандартного вида (обычно знаками некоторого рода) по совершенно четким, однозначно понимаемым правилам. Однако это оперирование нужно, так сказать, не само по себе, а для достижения определенных — практических, познавательных и т. п. — целей. За знаками, с которыми оперируют по данному алгоритму, стоит определенное внезнаковое содержание, содержание, которое отображается с помощью данных знаков. В случае алгоритма в математическом смысле мы абстрагируемся (отвлекаемся) от этого содержания. Такая абстракция не есть акт нашего произвола. Она облегчает действия по алгоритму, так как не отвлекает внимания на смысл операций и содержательное значение знаков, над которыми производятся преобразования. При таком подходе акты применения алгоритмов включаются в общую «ткань» познания обычно посредством того, что содержательному истолкованию подвергаются лишь исходные данные решаемой задачи и результаты ее решения по данному алгоритму.

Такой подход оказывается легче осуществимым в дедуктивных областях знаний — в математике, логике, отдельных разделах теоретической физики и некоторых других. Ведь для его осуществления — для применения в данной области алгоритмов в математическом смысле — необходимо уметь устанавливать достаточно определенное соответствие между знаками, над которыми работает алгоритм, и отображаемым в них содержанием.

В дедуктивных науках, особенно в математике, имеющей дела с идеализированными абстрактными объектами (см., например, [3], [7]), такое соответствие установить существенно проще, чем в науках экспериментально-описательных, имеющих дело не с абстрактными предметами типа чисел, точек или функций, а с процессами и закономерностями, находящими непосредственное выражение в чувственно-конкретной действительности³¹. Люди издавна преодолевали эту трудность тем, что, решая задачи из таких областей, апеллировали к их смыслу. Поскольку такое решение всегда, по существу, связано с использованием знаков (хотя бы знаков естественного языка — слов, грамматических предложений и т. п.), последние рассматриваются как имеющие определенный смысл и применение к ним определенных правил преобразования предполагает учет этого смысла. Предписания алгоритмического типа и являются предписаниями, которые, сохраняя, в общем и целом, свойства детерминированности, массовости и результативности, вместе с тем допускают оперирование не только с объектами знаковой природы, но также с тем, что стоит за этими объектами, с их содержанием, смыслом.

Из сказанного видно, что понятие предписания алгоритмического типа является менее точным (в математическом смысле), чем понятие алгоритма. Апелляция к содержательному смыслу того, что служит объектом оперирования, влечет за собой отказ от характерного для современной математической логики различения уровней рассмотрения, связанных со знаками как таковыми (синтаксический уровень), и уровня, на котором учитывается смысл (значение, содержание) знаков (семантический уровень). Это, между прочим, находится в тесной связи с отказом от рассмотрения конструктивных объектов лишь некоторого стандартного типа (что, как мы говорили, характерно для математической теории алгоритмов) и к переходу к точке зрения, согласно которой объектами преобразования по предписаниям алгоритмического типа могут быть любые вещи, явления, процессы, лишь бы они обладали — в необходимых пределах — свойством «жесткости», опознаваемости. Такой подход приводит к замене (в наших рассуждениях) понятия алгоритма понятием предписания алгоритмического типа. С другой стороны, отмеченные выше особенности таких предписаний обуславливают лишь приближенный (по сравнению с математическими алгоритмами) характер и таких их свойств, как детерминированность, массовость и результативность.

Для нас, однако, существенно не только то, что эти свойства в случае предписаний алгоритмического типа в общем случае реализуются лишь приближенно, но и то, что предписание может содержать ссылку на семантику

³¹ Это, однако, не означает, что в дедуктивных науках установление такого соответствия — и, значит, формализация их содержания — не встречает трудностей. Трудности есть, и они носят принципиальный характер, как об этом говорят известные результаты Гёделя, доказавшего неполноту формализованной арифметики (см. примечание 2 на стр. 44).

операций и смысл объектов, над которыми производятся действия. Вместе с тем предписания алгоритмического типа, как и алгоритмы, применимы для решения различных задач, допускают варьирование их исходных данных, обуславливают направленность предписания на получение искомого результата и т. д.

В связи с тем что понятие алгоритмического предписания допускает указания, апеллирующие не только к формальным, но и к содержательным (семантическим, смысловым) операциям, это понятие связано прежде всего с расширением круга того, что можно считать элементарной операцией. В значительной мере именно в связи с этим в применении к области педагогики и психологии мы говорим не об алгоритмах, а об алгоритмических предписаниях (в очерченном выше смысле).

§ 2. ОБ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ОПЕРАЦИИ. КРИТЕРИИ ЭЛЕМЕНТАРНОСТИ ОПЕРАЦИЙ

Возникает следующий вопрос. Если в качестве элементарных могут рассматриваться самые различные операции, то каков же критерий элементарности операций, как определить, является ли та или иная операция элементарной? В математике этот вопрос в каждом случае решается соглашением. Вводятся определенные совокупности операций (в различных алгоритмических системах разные), и эти операции объявляются элементарными³². В других областях знания, в частности в технической кибернетике, такой способ решения вопроса об элементарности или неэлементарности тех или иных операций может иметь лишь весьма ограниченное применение, поскольку кибернетика — техническая, биологическая и т. п. — имеет дело с реальными, причем различными, управляющими системами.

В этих областях вопрос о том, являются ли те или иные операции элементарными, должен решаться в каждом отдельном случае на основе конкретного анализа той системы, которая эти операции производит и для которой составляется алгоритм. Поэтому принятие определенных операций в качестве элементарных должно в этом случае опираться на конкретное изучение свойств реальных управляющих систем и из этих свойств выводиться. Итак, понятие элементарной (простой) операции является относительным. Одна и та же операция для одной системы может являться элементарной, для другой — неэлементарной. Все зависит от сложности и структуры системы. Охарактеризовать ту или иную операцию как элементарную или неэлементарную можно, только соотнеся ее с особенностями той системы, которая эти операции производит. Элементарность операций, таким образом, всегда соотносительна с системой, осуществляющей эти операции.

Так, некоторые операции, являющиеся для человека элементарными, например операции по распознаванию простых образов, для машины элементарными не являются. И для того чтобы научить машину распознавать образы, необходимо элементарный для человека акт распознавания расчленить на еще существенно более элементарные акты (операции).

Сказанное об относительности понятия элементарной операции имеет свое значение не только при сопоставлении таких систем, как человек и машина. Совершенно ясно, что многие операции, которые являются элементарными для взрослого человека, неэлементарны для ребенка. Поскольку процесс обучения человека характеризуется тем, что, обучаясь, он приобретает свои способности, то операция, бывшая неэлементарной на одном уровне развития, становится элементарной на другом. Вот почему вопрос о том, что для данной системы (или для данного уровня развития системы) является элементарной операцией, должен решаться, в конечном счете, экспериментально.

Каков же путь экспериментального решения вопроса об элементарности или неэлементарности той или иной операции? Каков критерий элементарности операции?

Этим критерием является способность управляемой системы единообразно и безошибочно производить операцию в ответ на восприятие соответствующего указания, содержащегося в алгоритмическом предписании³³. Задача, встающая перед составителем алгоритмического предписания, заключается в этом случае в следующем.

Допустим, надо построить алгоритм управления некоторой системой. Чтобы знать, до какой степени дробности следует расчленить указания, даваемые в предписании, надо знать, какие операции являются для данной системы элементарными. Если мы это знаем (например, знаем, какие операции «умеет» производить данное техническое устройство или данный человек), то тогда указания должны быть приспособлены к возможностям этого устройства или человека. Алгоритм в этом случае должен

³² Конечно, объявление тех или иных операций элементарными не является в математике делом чистого произвола; оно всегда основывается на определенных теоретических соображениях, на определенном опыте.

³³ Психологически важна также автоматизированность выполнения этой операции, т. е. выполнение ее (если она состоит из совокупности еще более простых операций) как одной операции, как некоторого единого акта.

состоять из указаний, апеллирующих только к тем операциям, которые устройство или человек способны выполнять. Но может быть такой случай, когда мы не знаем, какие операции являются для данной системы элементарными. Не зная же этого, мы не знаем, до какой степени дробности надо расчленить указания в алгоритме-предписании. Единственный способ решения вопроса состоит в данном случае в эксперименте³⁴.

Построение эксперимента можно представить себе следующим образом: сначала строится гипотеза о том, какие операции являются для данной системы элементарными. Затем, исходя из гипотезы, составляется предписание, которое после этого по частям испытывается. Если в ответ на указания, содержащиеся в предписании, система (например, человек или группа людей) единообразно и правильно произведет соответствующие операции, то гипотеза была правильной, данные операции являются для данной системы действительно элементарными и предписание является алгоритмическим. Если же система не может выполнить указаний, «не умеет» произвести нужных операций или производит их в разных случаях по-разному (или вообще неправильно), то, значит, данные операции не являются для системы элементарными, гипотеза была неправильной и надо осуществить большее дробление указаний, расчленив операции на более элементарные.

Итак, то или иное предписание является алгоритмическим (т. е. апеллирует к элементарным для данной системы операциям), если оно приводит к единообразному и правильному с точки зрения принятого критерия выполнению указаний, из которых состоит это предписание.

Выявляя, какие операции являются для некоторой системы элементарными, важно, однако, в каждом случае определить не только верхнюю границу элементарности операций, но и нижнюю, т. е. определить, не являются ли операции, к которым обращено алгоритмическое предписание, слишком элементарными. Это можно выяснить также только в эксперименте. Пусть системе даются некоторые указания, и она их единообразно и безошибочно выполняет. Чтобы определить, не являются ли эти указания чрезмерно дробными, не обращены ли они к слишком элементарным операциям, надо эти указания постепенно усложнять. Усложнение надо вести до тех пор, пока не наступит момент, когда система не сможет единообразно и безошибочно выполнять указания. Указания последнего уровня, которые система выполняла правильно, и определяют нижнюю границу дробности указаний и элементарности операций.

Сказанное относительно определения степени дробности указаний и элементарности операций имеет огромное значение, в частности, для программированного обучения. Чтобы программирование обучения было правильным и эффективным, надо точно знать уровень развития знаний и операций у учащихся, для которых программируется учебный материал и соответствующая деятельность, необходимо выявить и проанализировать, чем они владеют и чем не владеют, какие операции являются для них на данном уровне развития элементарными. Этот анализ, который включает в себя построение гипотез и проведение тонкого психологического эксперимента, и определяет «уровень дробности», которого надо достичь при расчленении сложных процессов на элементарные операции.

Поясним сказанное двумя примерами.

Представим себе, что для некоторой группы людей надо составить предписание о том, как выполнять определенную деятельность. Эта деятельность включает в себя следующие операции: нажатие кнопки, поворот ручки вправо, оценку ситуации по некоторому критерию. Будет ли предписание, включающее в себя указания о выполнении в определенной последовательности этих операций алгоритмическим? На этот вопрос нельзя дать однозначного ответа, пока не будет выяснено, являются ли указанные операции для данной группы людей элементарными. Что касается первых двух операций, то для взрослых нормальных людей, понимающих русский язык, эти операции являются несомненно элементарными. В ответ на указания: «нажми кнопку», «поверни ручку вправо» — все они однозначно выполняют нужные действия³⁵. Сложнее с третьей операцией. Если критерий, по которому нужно оценивать ситуацию, указан достаточно точно, если люди его знают и умеют одинаково (правильно) применять, то данную операцию можно рассматривать как элементарную, а указание о ее выполнении — как «алгоритмическое». Если же этих условий нет, если в ответ на указание оценить ситуацию по данному критерию какие-то люди из данной группы произвести оценку не смогут, или произведут ее неправильно, или оценят ситуацию неодинаково (т. е. оценка будет неоднозначной), то считать данную операцию элементарной для всех

³⁴ Предполагается, что эксперимент по проверке алгоритмичности того или иного предписания проводится в некоторых нормальных для функционирования той или иной системы условиях (например, человек, с которым проводится эксперимент, не болен, не утомлен и т. п.). Поскольку само понятие «нормальных» условий недостаточно определено, то в качестве критерия алгоритмичности того или иного указания можно взять не полностью безошибочное выполнение этого указания, а безошибочное лишь в определенном проценте случаев при многократном испытании (например, в 95% случаев, в 90% случаев и т. п.). Выбор критерия может определяться самими разными соображениями, но в каждом случае он может и должен быть указан.

³⁵ Однако для маленького ребенка вторая операция может не быть элементарной, он может не знать или не твердо знать, что значит «вправо».

нельзя, а соответствующее указание не будет «алгоритмическим».

Аналогичное положение имеет место при построении других алгоритмических предписаний, в том числе относящихся к выполнению умственной деятельности. Пусть, например, надо решить вопрос о том, можно ли при формулировании алгоритма решения некоторой грамматической задачи включить в него указание «выдели подлежащее». Если известно, что учащиеся, для которых формулируется алгоритмическое предписание, умеют единообразно и безошибочно выделять в предложениях подлежащее, то эту операцию можно рассматривать как элементарную и не расчленять указание об этой операции на другие, более дробные указания; если же известно, что учащиеся единообразно и безошибочно выделять подлежащее не умеют, то данное указание надо расчленить на цепь других, более дробных указаний, апеллирующих к более элементарным операциям. В случае же, когда неизвестно, умеют учащиеся выделять подлежащее или не умеют, надо поставить эксперимент. Если в ответ на указание «выдели подлежащее» подлежащее в соответствующем количестве предложений будет выделено правильно, то эту операцию можно рассматривать как элементарную; если нет, то элементарной ее считать нельзя.

Из сказанного ясно, что понятие алгоритмического предписания не является понятием, которое можно определить на таком же уровне строгости, как понятие алгоритма; вместе с тем в применении к экспериментально-описательным областям знания его можно считать достаточно четким, поскольку с ним можно связывать экспериментальные критерии, позволяющие в каждом отдельном случае практически однозначно решать вопрос, является ли то или иное предписание алгоритмическим. Важно при этом отметить, что, будучи достаточно четким, это понятие является тем не менее относительным. Это означает следующее. Одно и то же предписание может быть алгоритмическим или неалгоритмическим в зависимости от того, к кому оно обращено, каков уровень развития той системы (например, уровень развития человека), управление действиями которой должно осуществляться с помощью этого предписания.

Если вопрос о том, является ли некоторое предписание алгоритмическим, применительно к отдельному человеку обычно может быть решен достаточно однозначно, то определение алгоритмичности какого-то предписания для некоторой группы людей — задача, которая часто однозначно решена быть не может. При массовом, классно-групповом обучении обычно бывает так, что для одних учащихся (даже одного и того же класса) некоторые операции являются (или стали) элементарными, для других нет. Поэтому предписания, обращенные к этим операциям, для первых являются алгоритмическими, для вторых — неалгоритмическими. Это ведет к тому, что предписание, обращенное к группе учащихся, обычно не может однозначно и в одинаковой степени детерминировать процесс деятельности всех учащихся данной группы.

Каков же критерий алгоритмичности предписания в условиях массового, классно-группового обучения? Этот критерий может быть только статистическим. Можно, например, принять, что некоторое предписание является алгоритмическим, если оно детерминирует процесс деятельности 85% учащихся данной группы, можно принять, что оно является алгоритмическим, если оно детерминирует процесс деятельности 95% учащихся данной группы и т. д. Какой именно критерий следует принять в том или ином случае — зависит от ряда условий, которые требуют дополнительного анализа и изучения.

Один из важнейших способов повышения «детерминирующей силы» алгоритмических предписаний при массовом обучении состоит в следующем. Прежде чем апеллировать к некоторым операциям учащихся как к элементарным, надо определить, для всех ли они являются действительно элементарными. Если нет, то специально эти операции сформировать. Высоко эффективной методикой формирования умственных действий (мыслительных операций) является методика их поэтапного формирования, разработанная П. Я. Гальпериным и применяемая в ряде исследований (см., например: [311-312], [519], [572-573], [578], [581], [588], [599], [612], [656], [723], [730-731], [767], [769], [811-814], [834-835], [854]).

Успешное обучение каждого ученика возможно только в том случае, если оно ведется с учетом уровня развития его знаний и сформированности его операций. Как известно, при массовом, классно-групповом обучении это сделать практически невозможно³⁶. Учитель не может на уроке обучать каждого ученика с учетом уровня его развития и его индивидуальных особенностей и по той методике, которая для него (ученика) является оптимальной. Он обычно вынужден ориентироваться на «среднего» ученика. Совершенно новые перспективы открывает в этом отношении программное обучение. Последнее дает возможность сочетать классно-групповое обучение с подлинной индивидуализацией и

³⁶ В опыте передовых учителей имеется много примеров сочетания фронтальной работы с индивидуальной и, в частности, проведения уроков, на которых различным группам учащихся даются задания различной степени трудности (см., например: [590], [598], [659], [661], [714], [761], [808]). Но приспособить характер обучения к уровню развития знаний и операций каждого ученика не удастся и здесь.

приспосабливать уровень и характер обучения к уровню развития знаний и сформированности операций у каждого отдельного ученика. Программированное обучение открывает также перспективы адаптации обучения и к индивидуальным особенностям ученика (по крайней мере некоторым), позволяя в ряде случаев осуществлять гибкий переход с одного уровня обучения на другой по мере овладения учеником теми или иными знаниями и операциями³⁷. Таким образом, программированное обучение впервые создает возможность использования в массовом обучении таких предписаний, которые учитывают уровень развития знаний и операций каждого ученика и обращены к операциям, которые являются для него элементарными.

§ 3. ФОРМАЛЬНОЕ И СОДЕРЖАТЕЛЬНОЕ В ПРЕДПИСАНИЯХ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ТИПА

Говоря об операциях, к которым должно быть обращено алгоритмическое предписание, мы подчеркнули, что эти операции могут быть не только формальными, но и содержательными. Важно только, чтобы они были элементарными и выполнялись человеком единообразно и правильно.

Примером элементарной содержательной семантической операции может быть оценка человеком истинности некоторого типа фраз. Так, например, если спросить, является ли истинной фраза «Он сошел с поезда в Ташкенте и сразу же пошел к себе домой, на свою московскую квартиру», то каждый скажет, что нет, так как человек не может находиться одновременно в Ташкенте и в Москве. Невозможность нахождения предмета одновременно в двух разных местах является своеобразной семантической аксиомой, которую люди используют в своем мышлении и действиях. Применение этой аксиомы можно несомненно рассматривать как некоторую элементарную семантическую операцию. Эта операция одинаково выполняется разными людьми, и поэтому указание, апеллирующее к этой операции, может рассматриваться как алгоритмическое (в значении «алгоритмическое предписание»). Это указание однозначно, полностью детерминирует соответствующее семантическое действие человека и ведет к одинаковому результату.

В этом легко убедиться, если составить такое предписание:

1. Прочти предложение.

2. Проверь, является ли оно истинным.

Если да, то зачеркни в нем первое слово.

Если нет, то зачеркни в нем второе слово.

Не надо проводить специальных экспериментов, чтобы убедиться, что все нормальные грамотные взрослые люди, знающие русский язык и начала географии, увидят бессмысленность этого предложения и одинаково его преобразуют (зачеркнут в нем слово «сошел»). Следовательно, данное предписание однозначно детерминирует не только действия решающих, но также и преобразование, которое решающие осуществят с этим предложением. Если учесть, что такое же однозначное детерминированное преобразование люди произведут не только с данным конкретным предложением, но и с любым предложением такого типа, то предписание, подобное приведенному, можно считать алгоритмическим. Что касается способа определения элементарности той или иной семантической операции, то он такой же, как это было описано выше для любых других операций: человек в ответ на алгоритмическое указание должен выполнить операцию единообразно и правильно.

Из сказанного выше об алгоритмах следует, что алгоритмизация в математическом смысле предполагает формализацию решения задач и допускает автоматическое выполнение действий, предписываемых алгоритмом. Заметим при этом, что формализация допускает автоматическое выполнение действий не только в том смысле, что эти действия могут быть переданы автомату и выполнены им³⁸, но также и в том смысле, что при выполнении их человеком эти действия могут быть осуществлены «чисто механически», т. е. без проникновения в содержательный смысл операций и значение тех знаков, которые с помощью этих операций преобразуются. Сказанное, однако, не означает, что решение задач по алгоритму обязательно т р е б у е т автоматического выполнения операций и не допускает их осмысления (в случае, когда задачу по алгоритму решает человек). Б. А. Трахтенброт говорит [1631: «Формальный характер элементарных операций (речь идет об операциях математического, вычислительного алгоритма.—Л. Л.) заключается в том, что они м о г у т быть выполнены автоматически» (разрядка моя.—Л. Л.). Но ни Б. А. Трахтенброт, ни другие математики не говорят, что операции должны о б я з а т е л ь н о выполняться автоматически и только автоматически, что не допускается никакое осознание того, что это за операции и почему их надо выполнять. Говоря другими словами; алгоритмы обеспечивают в о з м о ж н о с т ь автоматического выполнения операций, но не т р е б у ю т этого, не исключают осознания, осмысления операций, их с о з н а т е л ь н о г о выполнения³⁹.

³⁷ По вопросам программированного обучения в настоящее время имеется обширная литература (см., например, избранную библиографию, приведенную в конце книги).

³⁸ Как известно, любая задача, для которой может быть построен алгоритм, может быть в принципе решена с помощью машины. См., например В. М. Глушков [85].

³⁹ Понятие сознательного выполнения операций не очень определено. Говоря о сознательности выполнения

Если уже вычислительные, математические алгоритмы допускают их сознательное применение и выполнение, то сказанное в значительно большей степени относится к алгоритмическим предписаниям, которые во многих случаях прямо обращены к содержательным, семантическим операциям. Более того, выполнение алгоритмических указаний, апеллирующих к семантическим операциям, без определенного уровня осознания предмета деятельности и самих операций, т. е. чисто автоматически (механически), вообще невозможно: семантические операции потому и являются семантическими, что они не могут быть выполнены формально, без отнесения знаков к их предметному значению, без учета их смысла.

Сказанное не означает, что машины не могут решать семантических задач. Однако они их решают (по крайней мере, сегодня) лишь после того, как эти задачи предварительно формализованы. Работы по формализации семантики приобретают в настоящее время все больший размах (см., например: [10], [22], [35—37])⁴⁰. Большой интерес представляют работы по описанию понятий через «семантические множители» [101], опыты по распознаванию машиной смысла фраз (см., например, [88]). Уже сегодня практически показано, что при помощи алгоритмов можно решать семантические задачи (предварительно формализованные), что многие семантические явления могут быть строго описаны и точно проанализированы.

Возможность формализовать и, следовательно, в математическом смысле слова алгоритмизировать семантические процессы имеет большое гносеологическое, а также практическое значение, в том числе для педагогики и психологии. Можно думать, что более глубокое проникновение в сущность семантических процессов и точное их описание позволит разработать способы более эффективного формирования этих процессов у учащихся.

Предписания алгоритмического типа, апеллируя не только к формальным, но и к содержательным, семантическим операциям, требуют в последнем случае осуществления специфически человеческих способов действий, включающих в себя сознание объектов действия и операций, выполняемых над этими объектами. Именно поэтому обучение учащихся действиям на основе предписаний алгоритмического типа может служить средством формирования сознательной деятельности и овладения специфически человеческими способами мышления. И в этом состоит большее значение предписаний алгоритмического типа для педагогики и психологии.

операций алгоритма, мы имеем в виду понимание человеком смысла задачи, решаемой посредством этого алгоритма, понимание значения алгоритма, его строения и т. п., а также возникновение по ходу выполнения операций различного рода ассоциаций, связанных с осмыслением выполняемой деятельности, хотя такого рода понимание и осмысление алгоритмом не предусматривается. Для решения задач с помощью алгоритма (в математическом смысле) подобного осмысления и понимания не требуется. Но человек как сознательное существо стремится осмыслить любую выполняемую им работу, даже ту, которая может производиться механически.

⁴⁰ Хорошая библиография по семантике имеется в книге А. Шаффа [33].

III

АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ПРЕДПИСАНИЯ, АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ОПИСАНИЯ И АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

До сих пор мы говорили об алгоритмах как о предписаниях, указывающих некоторую систему достаточно элементарных операций, выполнение которых позволяет решать задачи определенных классов.

Совершенно понятно, однако, что алгоритмы сами по себе никаких задач не решают, задачи решаются в процессе выполнения операций, которые предписываются алгоритмом или соответствуют некоторому алгоритму. Вполне естественно четко различать *предписания* о выполнении определенной системы операций и саму эту *систему операций*. Если определенного типа предписание о выполнении системы операций называется *алгоритмом* (или *алгоритмическим предписанием*), то само выполнение системы операций, процесс решения задачи по алгоритму (или в соответствии с алгоритмом) целесообразно назвать *алгоритмическим процессом*.

В. А. Успенский [165] характеризует алгоритмический процесс следующим образом: «Алгоритмический процесс — процесс применения алгоритма к какому-либо объекту...» При использовании этого понятия в области психологии и педагогики оно нуждается в дальнейшей дифференцировке.

Необходимость такого рода дифференцировки вызывается тем, что следует различать осознанное и неосознанное выполнение операций (в том числе и предписываемых алгоритмом). Как известно, человек часто решает определенные задачи, не зная того алгоритма, который лежит в основе решения (это тем более относится к животным). Более того, он часто даже не осознает самих производимых им операций, что выражается, в частности, в том, что он не может их назвать, а также не может описать хода решения задачи. Говоря другими словами, человек часто решает задачи способом, который не представляет собой *применения* какого-то известного ему алгоритма. Однако в его действиях может иметься строгий порядок, строгая закономерность, которая может быть выявлена и точно алгоритмически описана.

Положение здесь аналогично тому, которое имеет место в процессах, например, речевого общения. Люди грамматически правильно говорят, часто не зная законов грамматики (а дети всегда говорят, не зная грамматики). Их речь не есть *применение* законов грамматики. Но их речь находится в *соответствии* с законами грамматики и может быть грамматически описана. Более того, на основе этого описания можно составить предписание, как надо говорить.

Действия, характерной особенностью которых является то, что люди осуществляют их, не осознавая соответствующих правил, но сообразно с этими правилами, специально были исследованы П. А. Шеваревым и его сотрудниками (см., например, [604], [616], [623], [646], [810], [840—841]). П. А. Шеварев выделил класс ассоциаций, которые отличаются тем, что каждая из них соответствует определенному правилу, но «сознание правила (как общего положения) в состав ассоциации не входит» [840]. П. А. Шеварев назвал такие ассоциации обобщенными или «правилосообразными».

Естественно называть алгоритмическим процессом не только процесс применения известного человеку (или машине) алгоритма к решению определенного класса задач, но и процесс, который протекает столь закономерно, что может быть алгоритмически описан. В последнем случае речь идет о процессе, которому может быть поставлен в соответствие некоторый определенный алгоритм.

Итак, здесь и далее мы будем понимать под алгоритмическим процессом процесс, который либо является применением некоторого алгоритма, либо применением алгоритма не является, но может быть алгоритмически описан, т. е. ему может быть поставлен в соответствие некоторый алгоритм или алгоритмическое предписание (можно еще про этот процесс сказать, что он протекает в соответствии с этим алгоритмом).

Предложенное толкование понятия алгоритмического процесса находится в соответствии с задачами и методами кибернетики. «Основным методом кибернетики,— пишет А. А. Ляпунов,— является метод алгоритмического описания функционирования управляющих систем» [120].

В настоящее время осуществлено алгоритмическое описание самых разнообразных систем и процессов.

Так, А. А. Ляпунов и Г. А. Шестопал [122] алгоритмически описали работу регулятора Уатта, процесс образования условных рефлексов у животных, деятельность диспетчера железной дороги. (В качестве элементарных здесь были выделены такие, например, операции, или акты, как преобразование скорости вала паровой машины в соответствующее положение масс устройства, носящего в технике название параллелограмма; преобразование положения масс параллелограмма в положение шарнира; изменение количества пара, поступающего из котла в цилиндр; отдергивание руки в результате воздействия определенного раздражителя; химическое дей-

ствие организма (выделение слюны) в ответ на действие раздражителя; приказ диспетчера об отправлении поезда; приказ о задержке поезда; приказ о переводе поезда на запасной путь и т. п.). С. Н. Брайнес, А. В. Напалков и Б. В. Свечинский [61] алгоритмически описали процесс выработки определенных форм поведения у животного, В. Н. Пушкин [146] алгоритмически описал деятельность дежурного по станции, Н. И. Жинкин [99] — звуковую коммуникативную систему обезьян, а в наших работах [271-272] алгоритмически описан процесс решения грамматических задач. Осуществлено также алгоритмическое описание ряда производственных и некоторых других процессов.

Алгоритм как о п и с а н и е алгоритмического процесса следует, по-видимому, отличать от алгоритма как п р е д п и с а н и я к его выполнению. Если алгоритм как предписание непосредственно у п р а в л я е т алгоритмическим процессом, «вызывает» его, то алгоритм как описание лишь ф и к - с и р у е т то, как алгоритмический процесс осуществляется, как он протекает.

В чем же значение алгоритмического описания процессов? Оно состоит в том, что такое описание существенно важно для их познания с целью последующего управления ими или их моделирования. Можно было бы даже сказать, что некоторый процесс (если он алгоритмический) познан по-настоящему только тогда, когда дано его алгоритмическое описание. И наоборот, алгоритмическое описание процесса может быть дано только тогда, когда он достаточно глубоко познан.

Задача дать алгоритмическое описание процессов возникает в случаях, когда надо выявить строение этих процессов, их структуру (часто говорят: выявить алгоритм работы системы). При необходимости дать описание алгоритмического процесса всегда возникает вопрос о том, до какой степени дробности надо расчленить этот процесс, что принять за элементарные акты (операторы) и логические условия. В общей форме ответ на этот вопрос дать нельзя, так как все зависит от задач описания. Так, например, при макроанализе процесса требуется один «уровень дробности» описания, при микроанализе — другой⁴¹. В рамках макро- и микроанализа тоже могут существовать различные уровни дробности описаний⁴². Однако требуемый уровень дробности описания процесса в тех случаях, когда непосредственной целью описания является составление предписания для управления этим процессом, обычно можно определить достаточно точно. Здесь критерием того, что уровень дробности описания определен правильно, является способность управляемой системы однозначно производить те процессы, осуществление которых предписывается алгоритмом.

Познание и описание алгоритмических процессов необходимо для активного вмешательства человека в эти процессы (часто естественно, протекающие), для прямого или косвенного управления ими. Построить алгоритм-предписание часто можно только после того, как алгоритмический процесс будет выявлен и описан. Выявление структуры алгоритмических процессов является поэтому одной из важнейших задач науки.

Говоря о взаимоотношении алгоритма как описания и алгоритма как предписания, надо отметить, что всякое предписание к выполнению алгоритмического процесса можно рассматривать в то же время и как его описание, но не всякое описание алгоритмического процесса выступает как предписание, по которому он выполняется. Можно, например, дать алгоритмическое описание некоторых процессов, протекающих в мозгу (такую попытку сделали, например, С. Н. Брайнес, А. В. Напалков и Б. В. Свечинский [61]), но такое описание не становится от этого предписанием, которым «руководствуется» мозг в своей работе.

Таким образом, алгоритмы-предписания и алгоритмы-описания — не одно и то же, они играют различную роль.

§ 2. О СПОСОБАХ ОПИСАНИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Обратимся к вопросу о способах описания алгоритмических процессов и приведем некоторые примеры таких описаний. В качестве объекта описания возьмем некоторые виды человеческой деятельности.

Если впервые наблюдать работу оператора за пультом управления, на котором имеется много лампочек, ручек, кнопок и т. п., то сначала весьма трудно уловить в потоке действий оператора какую-либо закономерность, ответить, почему в тот или иной момент оператор нажал такую-то кнопку, а не другую, повернул ручку вправо, а не влево и т. д.

Чтобы разобраться в этом потоке действий и точно описать деятельность как нечто закономерное (без такого описания невозможно составить программу обучения этой деятельности), надо расчленить целостную деятельность на совокупность элементов-действий, выявить способ связи этих элементов и

⁴¹ О макро- и микроподходе в кибернетике см.: А. А. Ляпунов и С. В. Яблонский [123].

⁴² Попытку описать мышление человека при решении задач на уровне «информационных процессов» сделали А. Ньюэлл, Д. Шоу и Г. Саймон [192]. «Наша теория, — пишут эти авторы, — теория информационных процессов, имеющих место при решении задач, а не теория нервных или электронных механизмов для процесса переработки информации».

представить целое как определенное сочетание выявленных элементов, как бы «сложив» целое из элементов. Поскольку действия всегда вызываются определенными условиями и направлены на определенные объекты, то в описание в качестве элементов надо включить также эти условия и объекты. Впрочем, объекты часто можно объединить в описании с действиями, сказав, например, «нажал кнопку».

Пусть имеется оператор, которому перед началом работы надо проверить, исправен ли прибор, с которым он должен работать. Данная задача решается следующим образом. Прежде всего он должен проверить, включен ли прибор в сеть. Если не включен, то включить его. Если включен, то нажать тумблер и проверить, загорится ли красная лампочка. Если загорится, то прибор исправен и с ним можно начинать работать. Если не загорится, то прибор не исправен и надо вызвать мастера, чтобы его починить.

Связь между условиями и действиями здесь «жесткая», и при наступлении определенного условия (например, загорится красная лампочка или не загорится) выполняется определенное действие (начинается работа с прибором или вызывается мастер). Деятельность носила бы неалгоритмический характер, если бы человек в ответ на зажигание красной лампочки иногда случайным образом производил одно действие, а иногда другое.

Первый и наиболее распространенный способ алгоритмического описания процессов (в том числе различных видов деятельности) — это словесное описание. По существу, мы уже дали алгоритмическое описание рассматриваемой нами деятельности, указав, как должен действовать оператор при определенных условиях. При желании эти указания можно сделать более императивными, записав каждое из них на отдельной строке и все их занумеровав. Например:

1. Проверь, включен ли прибор в сеть.
Если да, то переходи к указанию 3.
Если нет, то
2. Включи его в сеть.
3. Нажми тумблер.
4. Проверь, загорелась ли красная лампочка.
Если да, то переходи к указанию 5.
Если нет, то переходи к указанию 6.
5. Начинай работу.
6. Вызови мастера.

Операции 5 и 6 являются конечными, на них в зависимости от наличия или отсутствия предыдущего условия деятельность по алгоритму заканчивается.

А. А. Ляпунов и Г. А. Шестопал [122] предложили способ символического описания процессов управления, носящих алгоритмический характер. Для того чтобы такое описание стало возможным, необходимо, как мы уже говорили, расчленить процесс деятельности (и вообще управления) на ряд элементарных актов и выделить условия, в ответ на которые эти акты производятся. Эти акты (операции) называются э л е м е н т а р н ы м и о п е р а т о р а м и, и обозначаются большими латинскими буквами *A, B, C...*. Условия (признаки), которые нужно учесть, называются л о г и ч е с к и м и у с л о в и я м и и обозначаются малыми латинскими буквами *a, b, c...*. В случае необходимости используется также всегда ложное логическое условие *со*. Последовательность проверки условий и выполнения действий записывается в виде л о г и ч е с к о й с х е м ы, которая представляет собой выражение, составленное из операторов, логических условий и нумерованных стрелок, расставленных определенным образом. Как операторы, так и логические условия называются ч л е н а м и логической схемы.

Составим логическую схему описанной выше деятельности, для чего введем следующие обозначения:

- Л о г и ч е с к и е у с л о в и я :
- a* — включенность прибора в сеть;
 - b* — загорание красной лампочки.
- О п е р а т о р ы :
- A* — включение прибора в сеть;
 - B* — нажатие тумблера;
 - C* — начало работы;
 - D* — вызов мастера.

Точка рядом с большой буквой будет означать прекращение деятельности, она является знаком остановки работы алгоритма.

Тогда процесс деятельности алгоритмически опишется так:

$$a \overset{1}{\downarrow} \overset{3}{B} b \overset{2}{\uparrow} C. \downarrow A \overset{1}{\omega} \overset{3}{\downarrow} D.$$

Правила чтения логических схем алгоритмов таковы.

Прежде всего надо посмотреть на букву, стоящую слева. В данном случае эта буква обозначает логическое условие. Следовательно, согласно алгоритму, надо проверить, выполнено ли это условие, т. е. включен ли прибор в сеть.

Если да (т. е. если логическое условие выполнено), то, не обращая внимания на стрелку, надо переходить к букве рядом (т. е. выполнять оператор B — нажимать тумблер); если нет (т. е. если логическое условие не выполнено), то надо обратить внимание на стрелку, посмотреть, куда она ведет. Она ведет к букве A . Следовательно, надо выполнить оператор A (включить прибор в сеть). После этого надо переходить к букве рядом (в данном случае, поскольку это всегда ложное — т. е. никогда не выполняющееся — логическое условие, то после него надо осуществить переход к члену логической схемы, указываемому стрелкой, стоящей непосредственно после буквы со; стрелка указывает, что надо выполнять оператор B — нажимать тумблер) и так далее до тех пор, пока не встретится буква с точкой (знак остановки) или не окажется такого члена схемы, после которого нет членов, которые могли бы работать (в нашем примере такого члена нет).

Обобщим сказанное. Работа по алгоритму начинается с самого левого члена схемы.

Принцип работы такой.

1-й случай: рассматриваемая буква является логическим условием. Здесь могут быть два варианта:

а) если логическое условие выполнено, то, не обращая внимания на стрелку, надо переходить к соседней букве справа;

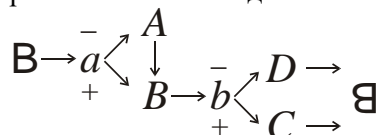
б) если логическое условие не выполнено, то надо обратить внимание на стрелку и переходить к той букве, к которой ведет стрелка.

2-й случай: рассматриваемая буква является оператором.

В этом случае надо выполнить оператор и затем переходить к соседней букве справа.

Работа по алгоритму осуществляется до тех пор, пока не встретится оператор с точкой (знак остановки) или оператор, после которого не окажется члена, который должен был бы работать. После выполнения одного из таких операторов работа по алгоритму заканчивается. Заметим, что могут существовать алгоритмы, работа по которым продолжается неограниченно.

Третий способ описания деятельности, носящей алгоритмический характер, — это так называемые граф-схемы. Вот граф-схема рассмотренной только что деятельности⁴³.



Стрелки на схеме указывают последовательность проверок признаков и действий, знаки плюс и минус — наличие или отсутствие признака, буквы с точками — заключительные действия.

Признаки в граф-схеме могут быть обозначены не только символически, скажем буквами, но и обычными словами.

Наряду с указанными способами алгоритмического описания процессов разработаны и другие (например, описание алгоритмических процессов в виде схем нормальных алгоритмов А. А. Маркова [127], в виде схем «машин Тьюринга» [200])⁴⁴. Однако применять их в педагогике и психологии неудобно. Для педагогических целей удобным является описание алгоритмических процессов, наряду с указанными выше, также в виде блок-схем, примеры которых были приведены в главе I (см. также, например, В.А.Смирнов [154]).

Как мы уже отметили выше, для того чтобы алгоритмически описать какую-либо конкретную деятельность, ее надо сначала расчленить на элементы (логические условия и операции), а потом «сложить» из элементов, представив эту деятельность как некоторое сочетание элементов⁴⁵. Важно подчеркнуть общеметодологическое значение этого научного метода.

⁴³ Когда граф-схемы применяют для наглядного изображения алгоритмов, часто говорят о граф-схемах алгоритмов. Об описании алгоритмов с помощью граф-схем см., например: Л. А. Калужнин [103]. Знаком В в схемах мы будем обозначать объекты, которые подаются на вход алгоритма (в данном случае этими объектами являются приборы, у которых проверяются определенные признаки и с которыми производятся определенные действия); знаком ∇ — объекты, которые получают на выходе.

⁴⁴ Популярное изложение этих алгоритмических систем дано, например, в брошюре Б. А. Трахтенброта [163].

⁴⁵ Если рассматривать символы, обозначающие логические условия, операции и способ их связи как буквы некоторого алфавита, то любой конкретный алгоритм можно представить как слово в этом алфавите.

К. Маркс говорил: «Конкретное потому конкретно, что оно есть сочетание многочисленных определений, являясь единством многообразного»⁴⁶. «Многообразным», единством которого является конкретное, может быть, в частном случае, совокупность общих элементов, из которых это конкретное складывается. Алгоритмическое описание можно, таким образом, рассматривать как один из путей реализации диалектического метода восхождения от абстрактного к конкретному в познании. Направляя исследование на выявление тех элементов, из которых «слагается» целое, их функций и форм связей, этот метод позволяет осуществлять структурный анализ и структурное описание явлений и процессов. Как только найдены основные элементы целого, определены их функции и способы их связи, так сразу становится возможным описание явлений и процессов на точном языке логики. Заметим, что описание целого и конкретного через сочетание элементов не означает, что целое сводится к сумме своих элементов, но п о н я т о оно может быть только через анализ составляющих его элементов, их функций и способов связи.

Алгоритмически можно описывать не только управляющую деятельность, выражающуюся во внешних, физических действиях, но и психическую, в частности мыслительную, деятельность, выражающуюся во внутренних, умственных действиях. Примеры алгоритмического описания умственной деятельности при решении задач (на материале решения учащимися грамматических задач) будут даны во второй части этой книги.

§ 3. О ВОЗМОЖНОСТЯХ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

В предыдущем параграфе мы привели пример алгоритмического описания управляющей деятельности человека — оператора и указали на возможность алгоритмического описания мыслительной деятельности людей при решении задач.

Возникает вопрос: можно ли алгоритмически описать деятельность преподавателя (обучающую деятельность) и составить на основе этого описания алгоритмическое предписание о способе обучения (алгоритм обучения)?

Очевидно, можно, если эта деятельность в тех или иных случаях носит алгоритмический характер. Но для того чтобы это сделать, надо расчленить ее на элементы и представить как определенное сочетание этих элементов. Обучающую деятельность (как и многие другие) целиком алгоритмизировать нельзя, поскольку заранее невозможно предусмотреть всех тех условий и тех их сочетаний, которые могут встретиться педагогу в ходе работы и которые могут потребовать от него открытия новых, ранее не существовавших приемов воздействия на учащихся. Ведь педагогический процесс есть процесс развивающийся, в нем появляются и новые условия, и новые приемы воздействия. Но деятельность преподавателя при решении массовых, типических педагогических задач алгоритмизировать можно, и поэтому можно и алгоритмически описать.

Обучающая деятельность, как и любая другая, складывается из определенных обучающих действий (операций), которые применяются в той или иной последовательности в зависимости от условий и выбранного плана обучения (цель, или задачу, обучения мы всюду будем считать заданной). Из сказанного понятно, что надо сделать для того, чтобы осуществить алгоритмическое описание, а на его основе построить алгоритмическое предписание о способе обучения (алгоритм обучения). Надо, во-первых, выделить условия, которые существенны для выбора тех или иных обучающих действий (при алгоритмическом описании это будут логические условия), во-вторых, выделить сами обучающие действия (при алгоритмическом описании это будут операторы), в-третьих, определить способ их связи, т. е. план обучения (при алгоритмическом описании это будет логическая схема алгоритма).

Составим для примера один алгоритм обучения, построив программу деятельности учителя в процессе обучения.

Представим себе, что нам надо ознакомить учащихся с новым для них понятием (например, с понятием «окружность»). Это можно сделать разными способами. Выберем один из возможных. Его можно выразить в виде следующего алгоритмического предписания

Чтобы дать учащимся понятие об окружности, надо:

1. Дать определение понятия и чертеж («окружностью называется кривая замкнутая линия на плоскости, все точки которой находятся на одинаковом расстоянии от одной точки; эта точка называется центром окружности»)⁴⁷.

⁴⁶ К. М а р к с, К критике политической экономии. Введение. М., Госполитиздат, 1949.

⁴⁷ Мы исходим здесь из того, что преподаватель дает определение, приведенное в учебнике геометрии для средней школы Н. Н. Никитина [732]. В этом определении указаны четыре признака окружности: окружность — это такая линия, которая является 1) кривой, и 2) замкнутой, и 3) лежащей на плоскости, и 4) все ее точки находятся на одинаковом расстоянии от одной точки, называемой центром.

2. Предложить учащимся вычленив признаки, указанные в определении, и назвать их.

Если вызвавшийся отвечать ученик вычленил все признаки, то переходить к указанию 6.

Если вызвавшийся отвечать ученик вычленил не все признаки, то переходить к указанию 3.

3. Начертить фигуру, обладающую признаками, названными учеником, но не соответствующую действительному определению окружности и ее геометрическому образу⁴⁸.

Если ученик исправил свою ошибку, то переходить к указанию 6.

Если ученик не исправил своей ошибки, то переходить к указанию 4.

4. Вызвать другого ученика.

5. Предложить вызванному ученику исправить ошибку⁴⁹.

6. Предложить назвать логический союз, которым связаны признаки.

7. Записать все признаки вместе с союзами и на этом закончить работу по данному алгоритму.

(После этого учитель переходит к упражнениям по применению учащимися понятия окружности и проверке его усвоения, однако, здесь мы этот этап в целях экономии места в алгоритм не включаем.)

Легко видеть, что данное алгоритмическое предписание представляет собой не что иное, как указание определенной программы действий учителя⁵⁰, которые, в свою очередь, направлены на актуализацию (вызов) определенных действий учащихся и их регулирование. Для того чтобы описать данную программу действий в виде граф-схемы, где логические условия и операторы будут обозначены символами, и в виде логической схемы алгоритма, введем следующие обозначения:

Л о г и ч е с к и е у с л о в и я :

a — ученик вычленил все признаки;

b — ученик исправил свою ошибку;

О п е р а т о р ы :

A — формулирование определения понятия и изображение окружности на чертеже;

B — предложение ученику вычленив признаки, указанные в определении, и назвать их;

C — предложение ученику назвать логический союз, которым связаны признаки;

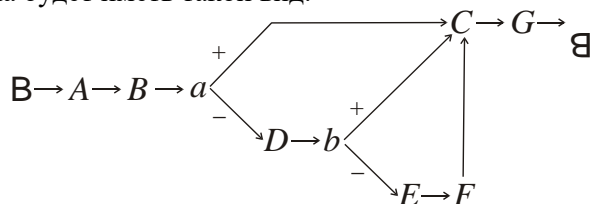
D — применение приема контробраза;

E — вызов другого ученика;

F — предложение ученику исправить ошибку;

G — запись признаков вместе с союзами.

Граф-схема алгоритма будет иметь такой вид:



Логическая схема этого алгоритма в операторной записи будет такова:

$ABa \overset{1}{\uparrow} \overset{3,4}{\downarrow} CG. \overset{1}{\downarrow} Db \overset{2}{\uparrow} \omega \overset{3}{\uparrow} \overset{2}{\downarrow} EF \omega \overset{4}{\uparrow}$

⁴⁸ Г. В. Воробьев назвал такой прием приемом контробраза [563]. Пояснить суть приема можно на таком примере. Допустим, определяя окружность, ученик указал такие признаки: «кривая замкнутая линия на плоскости» и не указал признака «все точки находятся на одинаковом расстоянии от одной точки, называемой центром». Вместо того чтобы просто указать ученику на ошибку, учитель чертит фигуру (в данном случае эллипс), обладающую всеми указанными учеником признаками, но не соответствующую действительному определению окружности и ее геометрическому образу. Поскольку ученик интуитивно отличает окружность от неокружности, он сразу видит, что не указал всех необходимых признаков, что его определение неверно.

⁴⁹ Чтобы не делать предписание громоздким и не усложнять записи (что затруднило бы уяснение сути дела), мы построили алгоритм для случая, когда второй из вызванных учеников всегда исправляет ошибку предыдущего. В действительности же он может ошибку не исправить и тогда надо вызывать следующего ученика. Это нетрудно в предписании предусмотреть; в алгоритме в этом случае должно быть указано, до каких пор следует повторять операцию вызова другого ученика и какую операцию производить, если ни один из вызванных учеников не смог исправить ошибку предыдущего и дать правильный ответ (это может быть, например, сообщение учащимся правильного ответа, постановка наводящего вопроса, указание некоторого приема действий и т. п.).

⁵⁰ Мы не утверждаем, что эта программа наилучшая. Это одна из возможных программ, близкая к тем, которые в ряде случаев применяются в практике обучения. Цель настоящего примера не в том, чтобы рекомендовать какие-то программы обучения, а в том, чтобы показать, как их возможно описывать. Понять же способ описания можно как на хороших программах, так и на плохих.

Нетрудно заметить, что в зависимости от того, какие логические условия будут иметь место в том или ином случае (ученик вычленил все признаки или не все, исправил свою ошибку или не исправил), последовательность действия учителя будет различной. В алгоритме существует «жесткая» связь между условиями и действиями (каждое условие требует совершенно определенного действия), но не существует жесткой связи между самими действиями. Поскольку комбинации условий в разных случаях могут быть разными, разными будут и комбинации действий. Но одной и той же комбинации условий всегда соответствует одна и та же комбинация действий⁵¹.

Значение логических условий		Порядок действий
<i>a</i>	<i>b</i>	
0	0	<i>ABDEF CG</i>
0	1	<i>ABDCG</i>
1	0	<i>ABCG</i>
1	1	<i>ABCG</i>

Рассмотрим, какие могут быть комбинации условий.

- 1) условие *a* и условие *b* оба нарушены (т. е. ученик не вычленил всех признаков и ученик не исправил своей ошибки);
- 2) условие *a* нарушено, а условие *b* выполнено;
- 3) условие *a* выполнено, а условие *b* нарушено;
- 4) условие *a* и условие *b* оба выполнены.

Зависимость комбинации действий от комбинации условий можно показать на таблице (1 означает выполнение соответствующего условия, а 0 — его невыполнение).

Возможность алгоритмического описания деятельности обучающихся и деятельности обучающихся имеет огромное значение для программирования обучения. Остановимся на этом вопросе⁵².

§ 4. ЗНАЧЕНИЕ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ

Важнейшими принципами программированного обучения, как это подчеркивают почти все авторы, пишущие по этой проблеме, является значительное увеличение удельного веса самостоятельной работы и индивидуализация обучения. Но чтобы учащиеся могли эффективно усваивать знания в процессе самостоятельной работы, необходимо ею особым образом управлять, нужны определенные условия и специальная организация обучения.

Как известно, преподаватель, работая с классом, не имеет физической возможности управлять процессом самостоятельной работы каждого ученика, — учитывать характер и степень усвоения им знаний, умений и навыков и его индивидуальные особенности и соответственно этому на него воздействовать. Преподаватель в условиях массового обучения не может одновременно воспринимать информацию о состоянии знаний, умений и навыков всех учеников и ее анализировать; он не может одновременно вырабатывать решения об оптимальных способах обучения разных учащихся; не может одновременно сообщать разное содержание (у одного ученика могут оказаться одни пробелы в знаниях, у другого — другие); не может одновременно вести занятия в нескольких разных темпах; не может одновременно применять разные методы, соответствующие индивидуальным особенностям различных учеников, и т. п.

Обеспечить условия для эффективного усвоения знаний путем самостоятельной работы, расширить сферу ее применения в учебном процессе и индивидуализировать обучение можно только в том случае, если будут созданы и использованы пособия и устройства, позволяющие гибко приспосабливать ход обучения к динамике усвоения знаний, умений и навыков каждым учеником, автоматически (или полуавтоматически) управляя процессом учения и обучения и автоматически (или полуавтоматически) его регулируя⁵³. Такими пособиями и устройствами и являются программированные учебники и обучающие машины. Их значение состоит в том, что они — в отличие от обычных учебников, по которым люди самостоятельно учатся, — позволяют не только сообщать знания и контролировать их усвоение, но и

⁵¹ Об алгоритме можно, таким образом, сказать, что он является одновременно и жестким и гибким. Жестким потому, что в одних и тех же условиях он предполагает выполнение одних и тех же действий, гибким же — потому, что в различных условиях он предполагает выполнение различных действий (и в этом смысле он приспособлен к условиям).

⁵² Более подробно об этом см. в нашей брошюре [278].

⁵³ Понятие автоматического управления употребляется здесь в том смысле, который оно имеет в теории автоматического управления, а также в кибернетике. Под автоматическим управлением понимают управление некоторыми процессами с помощью специальных автоматических устройств без непосредственного участия человека. «Автоматическое» в этом смысле не имеет ничего общего с понятием автоматического, употребляемым в психологии и педагогике (автоматическое как противоположное сознательному). С помощью автоматических обучающих устройств можно вполне осуществить принцип сознательности в обучении.

и з м е н я т ь х о д о б у ч е н и я в зависимости от хода усвоения, приспособлявая обучение к динамике усвоения и тем самым моделируя процесс работы учителя с отдельным учеником. Важно при этом отметить, что при работе с программированными учебниками и обучающими машинами изменение хода обучения и приспособление обучения к динамике усвоения происходит автоматически или полуавтоматически, без непосредственного участия человека — учителя.

Гибкое и автоматическое (полуавтоматическое) приспособление хода обучения к динамике усвоения невозможно без расчленения учебного материала на небольшие порции (шаги) и постоянного, непрерывного контроля за характером усвоения учеником этого материала. Можно было бы показать, что указываемые обычно принципы программированного обучения (усвоение знаний в процессе самостоятельной работы, активизация обучения, расчленение учебного материала на порции, непрерывный контроль за усвоением, непосредственное подкрепление и индивидуализация) не являются независимыми. Они тесно связаны с требованием усвоения знаний в процессе самостоятельной работы и гибкого приспособления хода обучения к динамике усвоения, что с необходимостью предполагает индивидуализацию.

Сама по себе автоматизация процесса обучения (хотя бы частичная) не является в программированном обучении самоцелью, но, она — важнейшее средство решения стоящих перед ним задач. В условиях массового, классно-группового обучения нет другого способа обеспечить эффективное управление самостоятельной работой учащихся, кроме как посредством передачи некоторых функций учителя специальным обучающим устройствам, т. е. посредством хотя бы частичной автоматизации процесса обучения.

Говоря о частичной автоматизации процесса обучения, следует подчеркнуть, что полная (или достаточно полная) автоматизация, будучи в принципе возможной, во многих случаях является не нужной, нецелесообразной и даже может принести вред. Учитель был и останется ведущим звеном учебного процесса. На нем по-прежнему будут лежать важнейшие функции организации коллектива и воспитания учеников; влияние его личности не сможет заменить никакой учебник и никакая машина. Кроме того, программированное обучение, будучи лишь одним из методов обучения, никогда не заменит ряда форм коллективной учебной работы, которая всегда играла и будет играть большую роль в учебном процессе. Программированные учебники и обучающие машины, автоматизируя процесс обучения в отдельных звеньях и на отдельных этапах, значительно облегчат труд учителя и сделают его более производительным и творческим. Будучи освобожденным от многих видов механической, нетворческой работы, учитель сможет уделять значительно больше времени и внимания общей организации учебной работы, а также решению таких сложных и тонких вопросов, до которых у него сейчас часто «не доходят руки».

Развитие методов программированного обучения и внедрение в педагогический процесс частичной автоматизации предъявляют новые и значительно более высокие требования к дидактике, психологии и частным методикам. Пока методики писались для учителя, а учебники были рассчитаны на учащихся, которые работают непосредственно с учителем, у методистов не было необходимости расчленять деятельность учителя и учащихся на достаточно элементарные операции и составлять алгоритмические предписания, которые бы предусматривали все возможные детали и варианты течения педагогического процесса и достаточно полно детерминировали деятельность учителя и учеников. Учитель, будучи самой совершенной и гибкой управляющей системой, разумным и мыслящим существом, часто опытным специалистом, сам восполнял пробелы, имевшиеся в методических указаниях, находил способы действий в тех ситуациях, которые методистом не были предусмотрены, реагировал на такие ошибки, которые в методическом пособии не были названы, конкретизировал те рекомендации, которые были недостаточно конкретны, и т. п. Короче, учитель мог во многих случаях быстро (хотя и не всегда успешно) приспособляться к реальному ходу усвоения учащимися знаний, умений и навыков.

Положение, однако, коренным образом меняется, когда обучение (хотя бы на отдельных этапах) должно вестись не учителем, а осуществляться с помощью программированных учебников и обучающих машин. Программированный учебник не будет «знать», как отреагировать на ошибку, которая заранее не была учтена; обучающая машина сама не найдет способа действий в ситуациях, которые не были предусмотрены программистом⁵⁴. Таким образом, расчленение учебного процесса (деятельности учащихся и учителя, а также самого учебного материала) на элементы и составление предписаний, которые бы детерминировали ход этого процесса, является необходимым условием программирования процесса обучения, условием, без которого программированное обучение невозможно. Но составление

⁵⁴ Когда получают развитие самообучающиеся обучающие машины, они смогут решать (по крайней мере частично) и эти задачи.

таких предписаний о ходе обучения и есть его алгоритмизация⁵⁵. Из сказанного ясно, что программированное обучение неотрывно от алгоритмизации. Более того, любая обучающая программа — это не что иное, как такой алгоритм обучения, который на основе расчленения процесса обучения на достаточно элементарные компоненты (шаги, операции) обеспечивает автоматическое (или полуавтоматическое) управление усвоением учащимися знаний, умений и навыков. Важнейшей составной частью процесса автоматического (или полуавтоматического) управления ходом обучения и учения является наличие в программированном обучении обратной связи, на основе которой осуществляется постоянный обмен информацией между учащимся и обучающим устройством, достаточно гибкая и непрерывная адаптация обучения к процессу усвоения.

Следует различать два смысла, в которых может употребляться выражение «алгоритмизация обучения». Под алгоритмизацией обучения можно понимать, с одной стороны, алгоритмизацию деятельности учащихся, с другой — алгоритмизацию деятельности учителя. Алгоритмизация в первом смысле — это обучение учащихся алгоритмам, алгоритмизация во втором смысле — это составление и использование алгоритмов обучения. Ясно, что обучение алгоритмам и алгоритмы обучения — это не одно и то же. Можно обучать алгоритмам, не руководствуясь алгоритмом обучения, и можно исходить из некоторого алгоритма обучения и не обучать алгоритмам: ведь не каждый алгоритм обучения предполагает обучение алгоритмам. Алгоритм обучения может быть составлен так, что в нем не будет предусмотрено специальное обучение учащихся алгоритмам и формирование у них алгоритмических процессов. Программированное обучение непосредственно представляет собой алгоритмизацию обучения во втором смысле, т. е. алгоритмизацию самой деятельности по обучению, хотя оно не исключает обучения учащихся алгоритмам: методами программированного обучения можно формировать у учащихся и алгоритмические процессы. Более того, «хорошее» программированное обучение должно обязательно формировать алгоритмические процессы там, где это возможно и целесообразно. Говоря другими словами, алгоритмы обучения должны включать в себя в необходимых случаях обучение алгоритмам.

Возникает вопрос: можно ли сказать, что программированное обучение всегда лучше обычного, непрограммированного обучения? На этот вопрос нельзя дать однозначного ответа: все зависит от того, с чем его сравнивать, для каких задач обучения оно применяется, какое содержание положено в его основу и по какому алгоритму оно ведется. Ведь одному и тому же можно учить многими различными способами. Выбор же содержания и способа обучения (на основе которых составляется затем соответствующий алгоритм обучения) зависит от того, какая теоретическая концепция обучения кладется в основу программирования, как представляет себе составитель программы механизм процесса усвоения учащимися знаний, умений и навыков и пути повышения эффективности этого усвоения.

Сама по себе алгоритмизация обучения, хорошее автоматическое или полуавтоматическое управление им еще не решает вопроса о качестве и эффективности такого обучения в целом: многое зависит от того, с какой целью, чем, как и посредством чего управляют в ходе обучения, какие процессы при этом формируются у учащихся. В связи со сказанным можно утверждать, что непрограммированное обучение, построенное на правильном отборе содержания и методов, может оказаться более эффективным, чем программированное обучение, в основе которого лежит неудовлетворительный алгоритм. Из всего этого совсем, однако, не вытекает, что роль автоматического управления процессом обучения и учения мала. Как показывают некоторые данные, увеличение удельного веса самостоятельной работы и усовершенствование обратной связи в обучении даже без существенного изменения его содержания и методов (в широком смысле слова) способны в определенной степени поднять его эффективность⁵⁶. Важно, однако, иметь в виду (и это прямо вытекает из всего сказанного выше), что такой путь совершенствования обучения сам по себе не решает всех его проблем и что наиболее сильный прогресс в области повышения эффективности обучения возможен только тогда, когда алгоритмизация и автоматизация обучения будут проводиться на основе глубокого психологического анализа закономерностей

⁵⁵ Более подробно о соотношении понятий «программированное» и «алгоритмизированное» обучение см. в нашей брошюре [278]. Здесь заметим только, что в случае обучения с помощью самообучающихся обучающих машин в них не надо будет закладывать алгоритмы обучения целиком: они смогут находить рациональные алгоритмы обучения самостоятельно, в процессе самого обучения, а программа (алгоритм), закладываемая в такую машину, будет в значительной мере программой (алгоритмом) открытия алгоритма обучения, т. е. программой (алгоритмом) самообучения.

⁵⁶ В этом, заметим, выражается относительная самостоятельность таких факторов, как организация обучения и форма управления им (в особенности качество обратной связи, позволяющей, если она хорошо поставлена, значительно улучшить контроль за работой каждого ученика и обеспечить немедленное знание им результатов своих действий).

усвоения учащимися знаний, умений и навыков и коренного усовершенствования содержания и методов обучения в целом. Недостаточно усовершенствовать обратную связь в учебном процессе и чаще контролировать, как ученик понял и запомнил материал или решил задачу, недостаточно просто заставлять его более интенсивно работать,— надо научить его работать правильно, вооружить его общими и наиболее рациональными методами мышления, сформировать у него такие умения, как, например, умение самостоятельно находить решение задачи, умение осуществлять поисковый процесс, переносить метод решения с одного содержания на другое и т. п. Достижение же этих целей посредством самой по себе автоматизации процесса обучения и улучшения обратной связи невозможно. Здесь требуется проникновение в психологию мышления и учения вообще, комплексное решение всех проблем обучения, причем с правильных психологических и дидактических позиций.

**§ 1. ПРОБЛЕМА КЛАССИФИКАЦИИ АЛГОРИТМОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ
УСЛОВИЙ И ТИПОВ УПРАВЛЕНИЯ**

Использование алгоритмов для решения различных задач управления показало, что характер алгоритма во многом зависит от особенностей объекта, которым с его помощью надо управлять, а также от характера информации об этом объекте и процессе его управления, которая имеется в распоряжении управляющей системы. В связи с этим в науке возник вопрос о такой классификации алгоритмов, которая отражает эти зависимости. Особенное внимание этой проблеме уделяется в теории автоматического управления, где задача синтеза автоматов, обладающих определенными свойствами, стоит как задача практическая.

Данные теории автоматического управления представляют исключительный интерес для психологии и педагогики, так как одна из важных целей, стоящих перед этой теорией, состоит в создании автоматических устройств, моделирующих деятельность человека, и в частности его мыслительную деятельность. Создание управляющих устройств является во многих случаях одним из важнейших показателей того, насколько хорошо и глубоко познана структура и механизмы человеческой деятельности. Точное же знание структуры и механизмов деятельности имеет первостепенное значение для процесса обучения. Без знания этих механизмов невозможно полностью контролируемое, сознательное, целенаправленное и высокоэффективное обучение.

Важным положением теории автоматического управления является положение о том, что типы управляющих систем надо классифицировать по типам алгоритмов, которые лежат в основе их функционирования (И. И. Артоболевский, С. И. Бернштейн, А. А. Булгаков, М. А. Гаврилов, А. Я. Лернер, М. В. Мееров, Н. К. Сухов, А. А. Фельдбаум, Б. И. Филиппович, А. В. Храмой, А. П. Шорыгин [43]). Сами же алгоритмы можно классифицировать на типы по разным признакам.

Один из них — достаточность алгоритма для функционирования системы. Так, например, если система работает по некоторому алгоритму⁵⁷ и так «справляется» со своими функциями, что никакого дополнительного управления системой со стороны других систем не требуется, то такой алгоритм в теории автоматического управления называют а л г о р и т м о м ф у н к ц и о н и р о в а н и я (И. И. Артоболевский, С. И. Бернштейн и др. [43]). Алгоритм функционирования — это тот алгоритм, по которому осуществляется работа системы. Если же вследствие возмущающих воздействий извне эта система не может выполнить предписанный ей алгоритм функционирования, то требуется оказать на систему определенные воздействия с целью обеспечить выполнение алгоритма функционирования. Это можно сделать только в том случае, если над первой системой будет поставлена какая-то другая система (система более высокого уровня), управляющая первой. Алгоритм, определяющий управляющие воздействия второй системы на первую, называется а л г о р и т м о м у п р а в л е н и я (там же).

Заметим, что понятия «алгоритм функционирования» и «алгоритм управления», вообще говоря, относительны. Если работу основной системы рассматривать по отношению к тем объектам, которые она преобразует (которыми она управляет), то алгоритм, по которому работает система (алгоритм функционирования), есть в то же время алгоритм управления. С другой стороны, система, стоящая над этой системой и осуществляющая по отношению к ней управляющие воздействия, сама работает по определенному алгоритму. Этот алгоритм, будучи алгоритмом управления по отношению к первой системе, является алгоритмом функционирования по отношению ко второй системе. Следовательно, один и тот же алгоритм, рассматриваемый в одном отношении, является алгоритмом функционирования, рассматриваемый же в другом отношении, — алгоритмом управления.

Необходимость деления алгоритмов по указанному признаку на два типа вытекает из того, что управление явлениями и процессами часто осуществляется посредством не одной управляющей системы, а целой совокупности систем, имеющих иерархическую структуру.

Если система более низкого уровня (или ранга) не справляется со своими функциями, то включается система более высокого уровня, которая начинает управлять первой системой. Она, так сказать, начинает управлять управлением. Если же в какой-то момент и вторая система перестает справляться со своими функциями, то включается третья система — система еще более высокого уровня, которая начинает управлять управлением второй системы, и т. д.

Надо сказать, что с таким положением мы имеем дело и в обучении. Например, если ученик знает метод решения некоторой задачи и самостоятельно ее решает, то он действует в соответствии с некоторым алгоритмом функционирования и никакого вмешательства со стороны учителя в процесс его деятельности не требуется. Если

⁵⁷ Мы говорим здесь об алгоритмах, а не об алгоритмических предписаниях, так как в теории автоматического управления употребляется именно этот термин.

же у него возникают какие-либо затруднения и самостоятельно решить задачу ему не удастся, он обращается за помощью к учителю. Учитель — это, так сказать, управляющая система более высокого уровня, которая при определенных условиях включается в процесс. Руководствуясь некоторыми правилами, учитель начинает действовать, на ученика, управлять его мышлением и действиями, чтобы подвести его к решению задачи. Учитель действует в соответствии с некоторым алгоритмом управления. Но может случиться так, что и учитель не знает, как помогать ученику при затруднениях некоторого рода. Тогда он обращается к методисту, который представляет собой (или во всяком случае должен представлять) управляющую систему еще более высокого уровня. Если и методист не может решить вопроса, то учитель (или учитель и методист) обращается к научной литературе или к ученым, пытаясь найти решение у них. Если же и наука не может дать ответа на поставленный вопрос, то он начинает рассматриваться как научная проблема, требующая специального исследования.

Алгоритмы могут классифицироваться и по другому признаку. В основу может быть положена цель, которая ставится (или стоит) перед управляющей системой, работающей на основе некоторого алгоритма. Так, целью может быть стабилизация управляемой величины, поддержание ее на некотором уровне или в определенных пределах (например, при управлении производством — поддержание определенной температуры в печи, при обучении — поддержание определенного уровня активности или внимания учащихся в классе и т. п.); целью может быть изменение управляемой величины в соответствии с заранее заданной функцией времени (например, увеличение давления в управляемом агрегате через определенное время на определенную величину, изменение дозы лекарства по мере его приема больным, увеличение трудности даваемых учащимся задач по мере того, как они овладевают определенными умениями и навыками, и т. д.).

Наибольший интерес представляет для нас возможная классификация алгоритмов в зависимости от особенностей управляемого объекта (точнее — законов, определяющих его функционирование), а также в зависимости от характера информации, поступающей (или могущей поступать) в управляющую систему,

которая на основе этой информации осуществляет процесс управления.

Здесь могут иметь место два основных случая. Первый случай — когда управляющая система располагает всей необходимой для управления информацией. Назовем такое управление *управлением с полной информацией*. Второй случай — когда управляющая система не располагает всей необходимой для управления информацией. Назовем такое управление *управлением с неполной информацией*. Рассмотрим специфику этих типов управления более подробно.

§ 2. УПРАВЛЕНИЕ С ПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ

При таком управлении управляющей системе, например человеку, управляющему некоторой другой системой (будем в дальнейшем говорить — управляющего некоторым управляемым объектом): 1) известны все существенные особенности управляемого объекта и закон его функционирования, 2) известны воздействия, которым может подвергаться управляемый объект, а также то, как они изменяют его состояния, 3) существуют способы получения информации о состояниях управляемого объекта, 4) известны методы успешного управления им (а именно, известно, в каких случаях какие именно операторы надо применять и каков будет результат применения каждого оператора)⁵⁸. При наличии всех этих данных может быть построен алгоритм — точное предписание, когда, при каких условиях и что именно надо делать для достижения поставленной цели, для успешного решения задачи.

При этом может иметь место несколько разновидностей такого рода алгоритмов, зависящих от того, какого рода переходы — строго или не строго детерминированные — осуществляются в процессе преобразования объектов при применении алгоритма. Не строго детерминированный характер переходов объекта из состояния в состояние не противоречит тому, что преобразование в целом может носить детерминированный характер. Но для этого в алгоритме должна быть предусмотрена реакция на каждый возможный переход, причем совокупности этих реакций должны, обеспечить «приход» объекта при одинаковых исходных состояниях в одно и то же конечное состояние. После того как такое состояние будет опознано как конечное, преобразование объекта по алгоритму заканчивается.

Покажем зависимость строения алгоритмов от того, какого рода переходы имеют место в управляемом объекте в процессе его преобразования.

Алгоритмы управления объектами со строго детерминированными переходами

Если управление осуществляется на основе полной информации и управляемый объект в про-

⁵⁸ На значение подобных факторов для построения управляющих систем указывает, в частности, А. А. Фельдбаум [169].

цессе преобразования однозначно переходит из состояния в состояние, то при этих условиях всегда известно, во-первых, к какому состоянию управляемого объекта какой именно оператор надо применить, во-вторых, в какое состояние перейдет управляемый объект в результате применения: данного оператора к данному состоянию.

Пусть, например, известно, что если управляемый объект находится в состоянии a , то к нему надо применять оператор A , а если в состоянии b , — то оператор B и т. д. Известно также, что если к состоянию a применить оператор A , то объект перейдет в состояние b и только b ; если же к состоянию b применить оператор B , то объект перейдет в состояние c и только c и т. д. Как мы видим, каждое последующее состояние есть однозначная функция от предыдущего состояния и примененного к этому состоянию оператора. Так, b есть однозначная функция от a и A , c есть однозначная функция от b и B и т. д.⁵⁹

Обозначим через $a \rightarrow T(A)$ указания типа: «Если управляемый объект находится в состоянии a , то к нему следует применить оператор A »⁶⁰. Обозначим через $a \xRightarrow{A} b$ тот факт, что если к состоянию a применить оператор A , то управляемый объект перейдет в состояние b .

Допустим теперь, что нам надо перевести некоторый объект из состояния a в заданное конечное состояние d . Алгоритм \mathcal{T} решения этой задачи можно записать так:

$$\mathcal{T}: \begin{cases} a \rightarrow T(A) \\ b \rightarrow T(B) \\ c \rightarrow T(C) \end{cases}$$

Если нужно отобразить, в какое состояние переходит объект при применении к нему определенных операторов, то это можно сделать следующим образом:

$$\begin{array}{ccc} A & B & C \\ a \Rightarrow b, & b \Rightarrow c, & c \Rightarrow d. \end{array}$$

Эта запись означает, что если на состояние a объекта подействовать оператором A , то объект перейдет в состояние b ; если затем на состояние b подействовать оператором B , то объект перейдет в состояние c и т. д. В этой схеме a — начальное состояние, d — конечное. Если нас интересует последовательность состояний, через которые проходит управляемый объект при применении данного алгоритма, то ее можно описать так:

$$a \Rightarrow b, \quad b \Rightarrow c, \quad c \Rightarrow d$$

или

$$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ \Downarrow & \Downarrow & \Downarrow \\ b & c & d \end{array}$$

Примерами алгоритмов, осуществляющих преобразование подобного типа, могут быть многие алгоритмы включения приборов, алгоритм трогания с места автомашины (при условии, что она исправна) и некоторые другие.

Мы рассмотрели процесс управления, характерной особенностью которого является то, что применение некоторого оператора к некоторому состоянию управляемого объекта переводит этот объект в одно единственное, заранее известное состояние (например, $a \xRightarrow{A} b$). Перейдем теперь к рассмотрению алгоритмов управления объектами с не строго детерминированными переходами из состояния в состояние.

Алгоритмы управления объектами с не строго детерминированными переходами

Если при управлении только что описанными объектами применение некоторого оператора A к некоторому состоянию a управляемого объекта однозначно переводило этот объект в одно единственное состояние (и это состояние управляющей системе известно), то при управлении объектами с не строго детерминированными переходами применение некоторого оператора A к некоторому состоянию a объекта может переводить его в различные состояния из некоторого конечного множества известных состояний b, c, d, e, \dots, n , причем заранее неизвестно, в какое именно из этого множества состояний

⁵⁹ Подробная функция может быть задана, например, в виде таблицы такого рода:

	a	b
A	b	p
B	q	c

Таблица означает, что применение оператора A к состоянию b переводит объект в состояние p и т.д.

⁶⁰ $T(A)$ означает: «следует применить оператор A ».

перейдет управляемый объект, однако известна (или может быть определена) вероятность такого перехода. Такое управление мы также будем рассматривать как управление с полной информацией, так как здесь известно то множество состояний, в которые может перейти объект, если на определенное его состояние подействовать определенным оператором, и известны вероятности перехода в каждое из состояний, т. е. распределение вероятностей перехода в различные состояния.

Строго детерминированные переходы из состояния в состояние мы выше изображали формулами вида $a \Rightarrow b$, а не строго детерминированные переходы — формулами вида $a \xRightarrow{A} b \vee c$. Вероятности переходов в каждое из состояний можно было бы указать в скобках возле букв, обозначающих соответствующие состояния. Так, если при применении оператора A к состоянию a некоторого объекта он в 0,8 случаев переходит в состояние b , а в 0,2 случаев — в состояние c , то это можно было бы символически изобразить так:

$$a \xRightarrow{A} b_{0,8} \vee c_{0,2}$$

Вероятности переходов можно также изобразить в виде таблицы, например:

	b	c
$A(a)$	0.8	0.2

где $A(a)$ означает применение оператора A к состоянию a .

Таблица означает, что применение оператора A к состоянию a переводит объект в состояние b , применение оператора A к состоянию b переводит объект в состояние p и т. д.

Не строго детерминированные переходы, для которых известны вероятности, называются *стохастическими*. Со случаями стохастических переходов из состояния в состояние мы имеем дело в жизни постоянно. Простейшим примером может быть ситуация, с которой мы встречаемся, когда звоним по телефону. Набрав номер, т. е. подействовав на исходное состояние a телефона оператором A , мы можем с определенной вероятностью услышать либо длинные гудки (вызываемый абонент свободен), либо короткие (вызываемый абонент занят). Если состояние телефона, когда он дает длинные гудки, обозначить буквой b , а состояние телефона, когда он дает короткие гудки, обозначить буквой c , то мы и получим вида $a \xRightarrow{A} b \vee c$ ⁶¹.

Таким образом, переход из одного состояния в другое является здесь неоднозначным. В разных случаях управляемый объект при действии одного и того же оператора на одно и то же исходное состояние переходит из этого состояния в разные состояния. Осуществив длительное наблюдение над этим процессом, можно подсчитать, какова вероятность того, что при действии оператора A на состояние a управляемый объект перейдет в состояние b , и какова вероятность того, что он перейдет в состояние c .

Большое количество примеров не строго детерминированных (стохастических) переходов можно было бы привести из области учения и обучения. Так, например, в процессе решения геометрических задач часто требуется выполнять дополнительные построения. Проводя какое-то дополнительное построение с целью получить нужные для решения задачи данные, ученик, как правило, лишь с определенной степенью вероятности ожидает, что он при данном построении их получит. Дополнительное построение (т. е. преобразование исходного геометрического объекта) может породить самые разнообразные данные, в том числе и ненужные. Аналогичная ситуация имеет место и во многих других случаях. Скажем, учитель применяет к ученику, находящемуся в каком-то состоянии a , некоторую меру воздействия A , имея целью перевести его из состояния a в состояние b ⁶². Как правило, результат применения какого-то воздействия к некоторому состоянию ученика редко бывает однозначным. С определенной вероятностью в одних случаях одно и то же воздействие приводит к одним результатам (состояниям) — желательным, в других же случаях — к другим, нежелательным⁶³.

Мастерство педагога состоит, в частности, в том, чтобы увеличить вероятность получения желательных состояний ученика и уменьшить вероятность получения нежелательных состояний. Заметим, что в настоящее время вероятности различных результатов применения определенных средств воздействия к ученикам, находящимся в одном и том же фиксируемом состоянии, не изучаются или почти не изучаются. Между тем такое изучение имело бы большое значение для развития педагогической теории и практики. Наличие количественных данных о распределении вероятностей различных результатов применения определенных средств воздействия к определенным исходным состояниям учеников является необходимым условием формулирования точных педагогических законов.

Сравнение особенностей управления объектами со строго и не строго детерминированными переходами приводит к выводу, что различные типы управляемых объектов требуют различных типов

⁶¹ Для нас сейчас не важно, что сами эти состояния бис обуславливаются «состояниями» абонента.

⁶² Говоря о состояниях ученика, мы имеем в виду то понятие состояния, о котором говорилось выше (см. примечание 3 на стр. 46).

⁶³ При этом важно отметить, что если для типовых ситуаций обучения множество состояний, в которые может перейти ученик в результате применения к некоторому состоянию определенных обучающих воздействий, может быть в принципе учтено и даже определены вероятности переходов, то для нетиповых ситуаций это сделать весьма трудно, поскольку состояния, в которые может перейти ученик, практически невозможно предусмотреть.

управляющих алгоритмов. Несколько дальше мы покажем, что они требуют и различного строения управляющих систем.

В самом деле, обратимся к алгоритму 53, составленному для управления объектом со строго детерминированными переходами из состояния в состояние (стр. 88). В этом алгоритме указаны условия применения каждого оператора: $a \rightarrow T(A)$; $b \rightarrow T(B)$; $c \rightarrow T(C)$. Однако никакой нужды задавать алгоритм в такой форме для рассматриваемого типа управления нет. Если воздействие оператора A на исходное состояние a всегда ведет к возникновению состояния b и если воздействие оператора B на состояние b всегда ведет к возникновению состояния c и т. д., то в алгоритме достаточно указать только исходное состояние и последовательность операций A, B, \dots , не указывая условий их применения. Ведь нужные условия всегда появятся в результате применения предыдущего оператора.

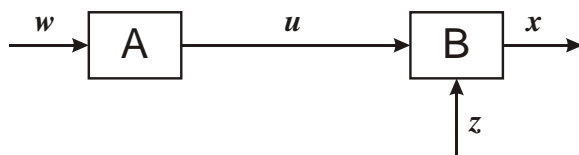
Если же надо строить алгоритм, предусматривающий не строго детерминированные переходы объекта из состояния в состояние, то задавать алгоритм, указав только исходное состояние и последовательность операций, нельзя. Ведь результат применения предшествующей операции (оператора) может быть неоднозначным. Предшествующий оператор, будучи примененным к соответствующему состоянию, может перевести управляемый объект в различные состояния (например, в b либо c). Характер же следующего оператора, который необходимо применить, зависит от того, в какое именно состояние пришел объект в результате применения предыдущего оператора. Следовательно, если в первом случае можно говорить о жесткой последовательности самих операций (за операцией A всегда следовала операция B , за операцией B всегда следовала операция C), то во втором случае такой жесткой последовательности операций нет; здесь жесткой является только связь условий и операций (т. е. связь типа $a \rightarrow T(A)$). Последовательность же состояний объекта в результате применения определенных операций жесткой не является, так как могут иметь место ситуации типа $q_0 \xrightarrow{A} q_1 \vee q_2 \vee \dots \vee q_n$. Ясно, что эти два типа алгоритмов не одинаковы.

Зависимость строения управляющих систем от типов алгоритмов

Очень важно то, что реализация алгоритмов различного типа требует различного строения управляющих систем. Так, например, для реализации алгоритма, предусматривающего управление объектами со строго детерминированными переходами, не требуется ни запоминания условий применения каждой операции, ни анализа ее результатов (ведь заранее известно, что оператор A переводит управляемый объект из состояния a в состояние b). Здесь надо помнить только последовательность операций, знать исходное состояние объекта, а также то, на какой операции надо закончить работу алгоритма. При реализации же алгоритма второго типа, предусматривающего управление объектами с не строго детерминированными переходами, необходимо не только помнить условия применения каждой операции, но и иметь информацию о том, каковы результаты каждой операции. Не получив такой информации, управляющее устройство (например, мозг человека или управляющий блок автоматической системы) не сможет решить, какую надо применять операцию в каждый следующий момент. Говоря другими словами, управляющая система для реализации подобного алгоритма должна быть обязательно системой с обратной связью.

Зависимость типа алгоритма и строения управляющей системы от типа процесса, которым надо управлять, и характера информации об этом процессе выявляется не только при теоретическом рассмотрении проблемы. Сегодня построены различные типы управляющих систем, которые практически реализуют различные типы алгоритмов и осуществляют управление на различных уровнях.

Приведем схемы управления без обратной связи (схема на стр. 92) и с обратной связью (схемы на стр. 93) так, как они описываются в теории автоматического управления (ср., например, А. А. Фельдбаум [169]):

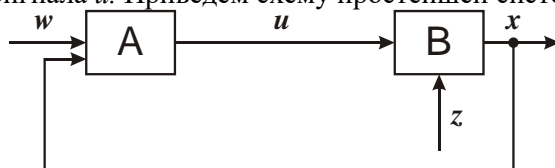


Как видно из приведенной схемы, управляющее устройство A на основе получаемой извне программы (w) посылает управляющие сигналы u в управляемый объект B , и управляемый объект, принимая эти сигналы (воздействия), соответствующим образом изменяется и на выходе дает величину x . На управляемый объект B оказывает воздействие не только управляющее устройство A , посылающее сигналы u , но и «внешний мир», из которого приходят возмущающие влияния z .

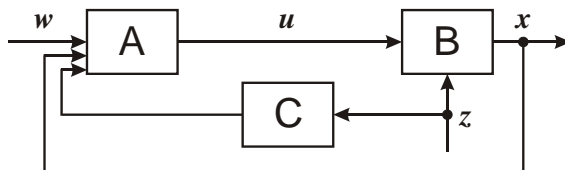
Описанная система не является системой с обратной связью, так как управляющие воздействия

и не определяются состояниями x управляемого объекта (эти состояния не анализируются, и информация об этих состояниях не влияет на характер управляющих воздействий u). Управление без обратной связи возможно в случае, когда величина x с достаточной полнотой определяется управляющими воздействиями u и состояниями управляемого объекта B , а возмущающие влияния z не существенны и ими можно пренебречь.

Когда же эти условия не соблюдены, то управляющей системе для управления необходимо в каждый момент времени знать, что получилось на выходе управляемого объекта в результате предыдущего воздействия. Для этого необходимо постоянно анализировать x , и информация от x должна участвовать в выработке управляющего сигнала u . Приведем схему простейшей системы с обратной связью⁶⁴:



Как мы видим, управляющее устройство A «исходит» в своей работе не только из информации, заключенной в воздействии w , но и из информации о состоянии выходной величины x объекта B . Нетрудно, несколько усложнив систему, включить в нее блок C , который будет измерять возмущающие воздействия и посылать информацию о них в управляющее устройство A . В этом случае на выработку управляющих сигналов u будет влиять не только величина w на входе управляющей системы и данные о значении величины x , но и данные о возмущающих воздействиях z . Такая усложненная система изображена на схеме:



Схемы ясно показывают, как условия, в которых протекает процесс управления, и характер информации, получаемой управляющим устройством, определяют строение системы управления.

Все рассмотренные до сих пор процессы управления строились на основе полной информации как о типе процессов, происходящих в управляемом объекте, и воздействиях, которым он подвергается, так и о способах управления этим объектом. Благодаря этому во всех случаях могут быть построены алгоритмы, точно предписывающие управляющей системе, как вести процесс управления, как ей надо в определенных условиях действовать.

Очень часто, однако, процесс управления приходится осуществлять в условиях, когда у человека, составляющего программу управления для самого себя, для других людей или для автоматической управляющей системы, отсутствует та или иная необходимая для управления информация. В этих случаях заранее неизвестно, как надо в тех или иных условиях действовать. Построить алгоритм функционирования или управления здесь заранее невозможно.

Этот алгоритм надо найти, открыть в процессе самого управления. Но открытие алгоритма представляет собой также некоторый процесс, который система, открывающая алгоритм (человек или автоматическое устройство), должна уметь осуществлять. Отсюда возникает задача создания алгоритмов, посредством которых можно было бы открывать другие алгоритмы. Такие алгоритмы открытия алгоритмов представляют собой, по существу, алгоритмы поиска.

Заметим, что термин «алгоритм поиска» может иметь двоякий смысл. Известно, что существуют задачи, которые могут быть решены только в процессе поиска; в этом случае алгоритм решения задачи является алгоритмом поиска. Но слова «алгоритм поиска» могут иметь смысл: «алгоритм поиска другого алгоритма» (а именно алгоритма решения данной массовой проблемы). Алгоритм поиска в этом смысле отличен от алгоритма поиска самого решения (т. е. алгоритма решения методом поиска)⁶⁵.

Поскольку необходимость поиска возникает в условиях, когда процесс управления осуществляется при неполной информации, рассмотрим ситуацию управления с неполной информацией более подробно.

§ 3. УПРАВЛЕНИЕ С НЕПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ

⁶⁴ Управляющие системы без обратной связи называются системами автоматического жесткого управления (САЖУ), системы с обратной связью – системами автоматического регулирования (САР).

⁶⁵ Конечно, поиск алгоритма можно также рассматривать как решение некоторой задачи (а именно задачи найти алгоритм). Однако предлагаемая терминология удобна и к путанице не ведет.

Управление с неполной информацией представляет большой интерес, так как многие управляющие системы (в том числе человек) часто должны работать (и работают) именно в этих условиях. В математике издавна преобладали задачи, решая которые люди (или вычислительные устройства) имели всю необходимую информацию о задаче и ходе ее решения (например, информацию о всех условиях задачи, о промежуточных данных и т. д.). С развитием кибернетики и современной машинной математики положение начало меняться; в возникших в последнее время новых отраслях математики все большее внимание уделяется задачам с неполной информацией.

Причины, по которым управляющие системы часто вынуждены вести процесс управления, не имея всей необходимой информации, весьма многообразны. Среди них можно указать, например, такие: а) неизвестна структура управляемого объекта, функция, описывающая взаимоотношения состояний его входа и выхода⁶⁶; б) неизвестны возмущающие факторы, влияющие на управляемый объект, или характер их воздействия; в) неизвестны условия, при которых надо применять те или иные операции (использовать те или иные операторы переработки информации, осуществлять те или иные воздействия на объект управления и т. п.); г) неизвестны операции, ведущие к нужным преобразованиям состояний объекта и т. д. При этом надо иметь в виду, что отсутствие нужной информации может быть связано как с непознанностью определенных процессов в данный момент, так и с невозможностью заранее предвидеть те воздействия, которые могут оказать на управляемый объект всевозможные случайные факторы.

Пользуясь введенными нами обозначениями (см. стр. 88), опишем некоторые из ситуаций, возникающих в процессах управления с неполной информацией.

Говоря выше о процессах управления с полной информацией, мы имели дело со случаями, когда для каждого шага управления:

а) было известно, к какому состоянию управляемого объекта какой именно оператор следует применить для достижения поставленной цели (т. е. были известны правила типа $a \rightarrow T(A)$),

б) было известно, в какое именно состояние переходит управляемый объект (или было известно то конечное множество состояний, в одно, и только одно, из которых осуществляется такой переход и вероятность этого перехода), если на некоторое точно известное состояние, например a , подействовать некоторым точно известным оператором, например A (т. е. были известны зависимости типа $a \xrightarrow{A} b$ или $a \xrightarrow{A} b_{0,8} \dot{\vee} c_{0,2}$).

При управлении с неполной информацией мы имеем дело, соответственно, со случаями, когда:

а) может быть неизвестно, в какое состояние перейдет управляемый объект, если на некоторое известное состояние, например a , подействовать некоторым известным оператором, например A . Иначе говоря, в этом случае имеет место ситуация

$$a \xrightarrow{A} ?^{67};$$

б) может быть неизвестно, каким оператором надо подействовать на некоторое известное состояние, например a , чтобы перевести объект в другое известное состояние, например b . Эту ситуацию можно представить как

$$a \xrightarrow{?} b;$$

в) может быть неизвестно, на какое состояние управляемого объекта надо подействовать данным известным оператором, например A , чтобы перевести его в другое известное состояние, например b :

⁶⁶ Говоря другими словами, неизвестна закономерность, по которой управляемый объект при определенных воздействиях переходит в то или иное состояние; часто неизвестны даже те состояния, в которые может перейти управляемый объект под влиянием различных внешних воздействий.

⁶⁷ Мы здесь не рассматриваем случай, когда известны состояния (из некоторого множества возможных состояний), в которые может перейти объект, но неизвестны вероятности соответствующих переходов, так как для нас сейчас наибольший интерес представляют ситуации, когда неизвестны именно те факторы, о которых идет речь. Заметим также следующее. Говоря о том, что неизвестно, в какое состояние перейдет управляемый объект в результате воздействия на него определенного оператора, мы совсем не имеем в виду, что управляющей системе вообще ничего не известно об этих состояниях. Как правило, характер состояний, тип состояний в общей форме известны. Например, может быть неизвестно, как именно отреагирует человек на сделанное ему замечание или выговор, в какое конкретное состояние он перейдет (реакция может быть самой неожиданной, в определенном смысле даже непредсказуемой), но известно, что он не испарится, не растворится, не взлетит в воздух и т. п. Конкретная его реакция неизвестна, но примерный характер реакции, область явлений, с которой она может быть связана, известны. Сказанное, впрочем, не исключает того, что в развитии науки бывают случаи, когда заранее оказывается неизвестным даже характер состояния, в которое может перейти объект в результате определенных воздействий на него.

$? \overset{A}{\Rightarrow} b;$

г) может быть неизвестна та цепочка преобразований, которые надо осуществить, чтобы прийти из некоторого исходного состояния управляемого объекта, например a , к некоторому конечному состоянию, например n . Здесь мы сталкиваемся с ситуацией $a \Rightarrow ?$, ..., $? \Rightarrow n$.

Могут иметь место также комбинации различных случаев.

Заранее построить алгоритм для решения задач с неполной информацией, как было сказано, невозможно. Нужные для построения алгоритма зависимости нужно найти, открыть в процессе самого управления. Для этого система, осуществляющая управление, должна обладать способностью на основе заложенного в нее алгоритма (программы) самостоятельно отыскивать тот режим управления, который ведет к требуемым решениям, — причем, зачастую, наилучшим (в определенном смысле) решением. Такие системы получили название с а м о н а с т р а и в а ю щ и х с я . Одним из примеров совершенной самонастраивающейся системы может служить человек. Весьма сложные задачи ставятся и перед автоматическими самонастраивающимися системами, создаваемыми в технике. Говоря о необходимости создания устройств, которые управляли бы объектами с широким диапазоном изменения условий управления, Ли Яо-цзу и У. И. Вандервельде [119] пишут: «Для подобного рода объектов (речь идет о сложных объектах, которыми надо автоматически управлять — Л. Л.) желательно иметь такую самонастраивающуюся систему, при которой не было бы необходимости знать заранее ни окружающих условий, ни характеристик объекта и которая все же обеспечила бы достижение требуемых динамических свойств...»

Самонастраивающиеся системы — это такие системы, которые не изменяют заложенного в них алгоритма управления, но в процессе поиска совершенствуют режим работы управляемого объекта в соответствии с заранее заданным критерием.

Примером такой системы являются различного типа оптимизаторы, разработанные в Институте автоматики и телемеханики в Москве под руководством проф. А. А. Фельдбаума (см., например, [168]).

Суть действия оптимизатора состоит в следующем. Допустим, что в процессе управления некоторым агрегатом надо получить на выходе некоторый продукт с точно заданным свойством (или свойствами). На получение этих свойств влияют некоторые контролируемые управляющим устройством факторы a, b, c, \dots, n (например, давление в агрегате, температура, содержание в сырье каких-то веществ и т. п.). Но как именно эти факторы влияют на конечный продукт, неизвестно. Неизвестно также, какое значение надо придать каждому из факторов, чтобы получить нужные свойства. Если свойства конечного продукта обозначить через r , то $r = f(a, b, c, \dots, n)$, причем функция f неизвестна. Единственный способ вести управление в таких условиях — это пробовать различные значения факторов, создавая те или иные их комбинации и оценивая, что получается в результате проб различных значений. Можно построить некоторый алгоритм, который укажет, как надо осуществлять пробы, вести поиск нужных значений факторов. Подобные алгоритмы поиска и лежат в основе работы некоторых типов оптимизаторов. Эти алгоритмы, как и всякие другие алгоритмы, представляют собой «жесткие» программы действий, но это программы поисковых действий. Решение задач управления при помощи подобного рода алгоритмов осуществляется в процессе постоянного поиска⁶⁸.

§ 4. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ И САМООБУЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА И АВТОМАТОВ

Мы рассмотрели самонастраивающиеся системы, которые в процессе управления постоянно приспособляются к меняющимся условиям, но которые в процессе такого приспособления (настройки) не изменяют заложенного в них алгоритма.

Существуют, однако, системы — и среди них опять в первую очередь надо назвать человека⁶⁹, — которые в процессе управления о т к р ы в а ю т , и з м е н я ю т или с о в е р ш е н с т в у ю т с а - м ы й а л г о р и т м у п р а в л е н и я . Осуществляется это на основе некоторого исходного алгоритма поиска или на основе методов, использующих случайные процессы. Это так называемые о б у - ч а ю щ и е с я (или с а м о о б у ч а ю щ и е с я) системы. В этих системах управляющее устройство состоит по крайней мере из двух частей и одна из них (управляющее устройство более высокого ранга)

⁶⁸ В настоящее время разрабатываются системы статистического поиска, которые осуществляют пробы на основе некоторого случайного процесса (см., например: [102], [176]).

⁶⁹ Характерной чертой человека является то, что он как бы содержит в себе различные системы и может работать в зависимости от условий, грубо говоря, и как «автоматическая система жесткого управления», и как «система автоматического регулирования», и как «самонастраивающаяся система», и как «самообучающаяся система». Огромные возможности человека, лабильность его физиологической организации, и прежде всего нервной системы, дают ему возможность вести управление на самых различных уровнях, переключаясь, когда этого надо, с одного уровня на другой.

в процессе поиска открывает (или изменяет, совершенствует) алгоритм другой части, которая непосредственно осуществляет управление⁷⁰.

Можно указать следующие общие черты процесса самообучения человека и автомата, как они представляются в настоящее время (см., например, И. И. Артоболевский, С. И. Бернштейн и др. [43]).

1. Процесс самообучения происходит в замкнутой цепи⁷¹.

2. При самообучении изменяются характеристики обучающейся системы, ее способ поведения, ее алгоритм.

3. В результате изменения алгоритма обучающаяся система научается делать то, чего она до этого делать не могла.

4. Достижимый в результате самообучения способ поведения является приобретенным, он не был вложен в систему заранее ее конструктором (по отношению к человеку — природой).

Могут существовать различные способы научения в зависимости от взаимоотношения обучающейся системы с другими системами.

Одно из существенных различий в способе научения состоит в том, что обучающаяся система, отыскивая на основе некоторого поиска рациональный — или приближающийся к рациональному — способ поведения, может получать оценку (подкрепление) своих действий от других систем (например, людей), а может оценивать свои действия сама, на основе некоторых заложенных в нее (или выработанных в ходе предшествующего поведения) критериев.

Мы говорили здесь о процессах самообучения, имеющих ряд общих черт у человека и машины (о существенных различиях речь пойдет дальше).

В теории автоматического управления, говоря об обучении или самообучении машин, до недавнего времени имели в виду главным образом процесс с а м о н а у ч е н и я , т. е. процесс совершенно самостоятельной выработки (без человека — учителя) новых программ (алгоритмов) поведения на основе некоторых исходных программ, заложенных в машину конструктором или программистом⁷². Сам же процесс «закладки» исходных программ к процессу обучения машины обычно не причислялся и обучением не считался. Совсем иное положение имеет место при обучении людей. В понятие обучения человека обязательно включается процесс передачи знаний, умений и навыков от одних людей к другим (что связано с социальной природой человека и его обучения), т. е. процесс «закладки» исходных программ в сознание обучающихся.

Таким образом, если при программировании машин (в том числе и подготовке их к самонаучению) исходная информация («знания») и программа действий («умения и навыки») в точном смысле слова з а к л а д ы в а ю т с я (или вкладываются) в машину до начала ее работы, то при обучении людей они п е р е д а ю т с я обучающимся в ходе самого обучения⁷³. Но раз знания, умения и навыки передаются обучающимся в процессе обучения, а не просто в готовом виде «вкладываются» в их головы, то при обучении людей возникает специальная проблема — проблема их у с в о е н и я обучающимися. (Усвоение, как известно, представляет собой особый вид деятельности, благодаря которой внешняя информация перерабатывается в образы и понятия и закрепляется в памяти. Образы и понятия, в свою очередь, служат

⁷⁰ Самообучающиеся системы могут иметь несколько управляющих устройств различного ранга, причем управляющее устройство более высокого ранга может изменять алгоритм работы управляющего устройства более низкого ранга.

⁷¹ Относительно обучения автоматов И. И. Артоболевский, С. И. Бернштейн и др. [43] пишут: «Процесс обучения автомата есть модель познания человеком окружающего мира, происходящего тоже в замкнутой цепи: человек — окружающая среда». Заметим, однако, что последнее утверждение верно только при том условии, что под «обучением» понимается лишь «самообучение» и что в понятие «окружающая среда» включаются материализованные продукты человеческого познания (например, книги). Ведь человек (само)обучается не только в процессе прямого взаимодействия с окружающей средой как с совокупностью материальных предметов, но и путем чтения книг. Если же в понятие «окружающая среда» не включать материализованных продуктов человеческого познания, то обучение в замкнутой цепи «человек — окружающая среда» следует рассматривать лишь как одну из частных ситуаций самообучения человека.

⁷² Опыты по обучению машины человеком получили развитие лишь сравнительно недавно.

⁷³ Заметим, что самые исходные формы поведения человека (безусловные рефлексы) в него также закладываются (природой) до начала процесса его обучения. Человек их получает готовыми, по наследству. Но эти наследственно заложенные программы поведения, несмотря на их огромное значение для жизни организма, занимают в общем фонде способов поведения человека очень небольшое место. Основной фонд способов поведения человек приобретает в процессе обучения с помощью других людей и в процессе самонаучения. Большинство же современных машин основной фонд способов поведения приобретает в результате закладывания в них готовых программ.

основой мышления и действий человека, направляя и регулируя его поведение.) Применительно к машинам проблема усвоения (или процесса, аналогичного процессу усвоения) возникла сравнительно недавно. До этого времени, говоря об обучении (или самообучении) машин, в кибернетике имели в виду по существу лишь процесс их самонаучения, т. е. процесс самостоятельной выработки новых программ на основе некоторой заложенной исходной информации и программы, и поэтому сам процесс «закладки» программ и их «усвоения» в понятие обучения машины фактически не входил⁷⁴.

Сопоставление понятий «обучение машины» и «обучение человека» показывает, таким образом, что эти понятия не совпадают. Уточнение того, в каком смысле следует понимать выражение «обучение машины», позволяет избежать той путаницы, которая иногда возникает при применении понятий кибернетики к анализу деятельности человека, и в частности его обучения.

То обстоятельство, что обучение человека включает в себя не только самонаучение в замкнутой цепи «человек — окружающая среда», но прежде всего усвоение накопленного человечеством опыта, ставит очень остро вопрос о взаимоотношении обучения как усвоения «готовых» знаний и программ действий и обучения как самонаучения. Очевидно, основная стратегия обучения должна состоять в том, чтобы, обучая учащихся готовым (известным) знаниям и готовым (известным) программам действий (в том числе алгоритмам), так осуществлять это обучение, чтобы формировать у них способность к самообучению, способность к самостоятельной выработке новых знаний и способов деятельности. Для этого учащихся надо учить не только алгоритмам решения определенных классов задач, но и алгоритмам поиска и вообще методам более высокого порядка, которые позволяют самостоятельно открывать другие алгоритмы и методы⁷⁵.

Мы говорили выше о том, в каких условиях возникает необходимость поиска. Эти условия — отсутствие необходимой информации либо о законах управляемого объекта и процессах, в нем протекающих, либо о самих способах управления. Естественно поэтому, что если у управляющей системы отсутствует, например, информация о том, какой оператор следует применить к некоторому состоянию a управляемого объекта, чтобы перевести его в состояние b (т. е. имеет место ситуация $a \xrightarrow{?} b$), то решить этот вопрос можно только путем эксперимента, п о п р о б о в а в применить к a различные операторы. Таким образом, процесс поиска, открытие новых алгоритмов на основе поиска обязательно включает в себя э к с п е р и м е н т и п р о б ы как способ осуществления этого эксперимента. Сказанное относится как к человеку и животным, так и к самонастраивающимся и самообучающимся машинам. Это сейчас ясно осознано в теории автоматических устройств.

Так, И. И. Артоболевский, С. И. Бернштейн и др. [43], говоря о том, что достигаемый в результате обучения закон поведения не должен быть заранее вложен в автомат конструктором, пишут: «В противном случае (т. е. если бы закон поведения был вложен в автомат конструктором.—Л. Л.) происходит простое воспроизведение автоматом законов, заложенных человеком в автомат. Поскольку нахождение новых законов, не вложенных заранее в автомат, возможно лишь в результате обучения на собственных п р о б а х и о ш и б к а х (разрядка моя.—Л. Л.), то метод автоматического поиска является единственно пригодным для этой цели»⁷⁶.

Совершенно ясно, что в зависимости от того, какая именно информация отсутствует у управляющей системы, пробы будут преследовать различные цели и носить разный характер. Так, например, если имеет место ситуация $a \xrightarrow{A} ?$, т. е. неизвестно, к какому результату ведет применение оператора A к состоянию a объекта, то проба, состоящая в применении оператора, имеет целью изучение характера преобразования объекта под воздействием этого оператора; если же имеет место ситуация $a \xrightarrow{?} b$, т. е. неизвестно, какой оператор надо применить к исходному состоянию a , чтобы преобразовать его в другое состояние b , то пробы будут направлены на поиск нужных операторов и изучение их влияния на определенные состояния.

Поисковые пробы с последующим анализом их результатов на основе информации, поступающей по каналам обратной связи, являются важнейшим механизмом формирования новых форм поведения

⁷⁴ Конечно, процесс закладки человеком программы в машину можно также назвать процессом обучения машины («человек научил машину, как она должна действовать»), но очевидно, что слово «научил» будет в этом случае употреблено в переносном смысле.

⁷⁵ Заметим, что алгоритмы поиска, на основе которых машина открывает новые алгоритмы, — это тоже результат накопленного человечеством опыта, который вкладывается в машину в виде исходной программы и на основе которого машина осуществляет процесс самонаучения.

⁷⁶ Заметим, что пробы и ошибки как метод открытия новых законов, как факт поведения (безразлично — машины, животного или человека) и бихевиоризм как теория поведения, определенным образом интерпретирующая этот факт, — это разные вещи. Как известно, один и тот же факт можно интерпретировать по-разному.

животных и человека, а также решения человеком творческих задач. На роль поисковых проб в формировании поведения неоднократно указывал И. П. Павлов (см., например, [745]). Применительно к мышлению человека этот вопрос изучался психологами (см., например: [633], [634], [685], [775], [822] и некоторые другие).

Благодаря наличию у человека второй сигнальной системы его пробы могут быть мысленными, осуществляться во внутреннем плане, на некоторой внутренней модели внешнего мира, построенной на базе образов и понятий. Реальному физическому эксперименту в человеческой деятельности обычно предшествует эксперимент мысленный, направляемый личным опытом человека и его знаниями. Прежде чем начать так или иначе действовать с объектами внешнего мира, человек обычно «проигрывает» решение задачи на внутренней модели. Все сказанное, разумеется, не означает, что описанный процесс не поддается кибернетическому моделированию. Некоторые аналоги мысленного эксперимента в кибернетических машинах существуют уже сегодня. Но для действительно глубокого моделирования этих процессов на машинах необходимо, по-видимому, научиться моделировать специфические особенности субъективного отражения объективного мира, психических образов и понятий.

Стратегии поиска путем проб могут быть самыми разными в зависимости от типа задач и характера имеющейся у управляющей системы информации. Об этом свидетельствуют как психологические данные, так и некоторые результаты теоретической и технической кибернетики (см., например: [80], [81], [167] и др.). Так, например, поиск может осуществляться методом сканирования, когда вся область, в которой происходит поиск, исследуется шаг за шагом. Если перед началом поиска у управляющей системы имеется некоторая информация о том, в какой более узкой области может находиться искомый объект, то первоначальная область поиска значительно сужается и может быть намечена траектория поиска, которая существенно отличается от последовательного испытания всей области «шаг за шагом». В этом отношении большой интерес представляют методы поиска, которые И. М. Гельфандом и М. Л. Цетлиным были названы методами локального и нелокального поиска.

Изыскание новых стратегий (или алгоритмов) поиска преследует цель улучшить процесс поиска, сделать его более рациональным по сравнению со случайным, в идеале — наилучшим, оптимальным. Рационализация же поиска, в частности уменьшение времени его протекания, имеет огромное значение для процессов управления. Более рациональные алгоритмы поиска позволяют решать встающие в ходе управления задачи (в том числе и по открытию новых алгоритмов) значительно быстрее, затрачивая меньше времени, средств и энергии.

Возвращаясь к вопросу о роли поисковых проб в процессе решения мыслительных задач, надо указать на два возможных типа проб: пробы, которые осуществляются по заранее известной программе (по известному алгоритму проб), и пробы, алгоритм которых человеку не задан или ему не известен⁷⁷. Хотя те и другие пробы приводят к открытию новых закономерностей, получению новых результатов, построению новых алгоритмов, по своей психологической природе лишь пробы второго рода — исключая, конечно, случай, когда они производятся наугад — могут быть названы пробами собственно творческими (можно также сказать, что это пробы, которые осуществляются в процессе творческого поиска).

В связи со сказанным надо, очевидно, различать два понятия: «открытие нового» и «творческий процесс». К открытию нового, никогда ранее не известного (причем не только данному человеку, но и человечеству в целом) можно прийти не только путем творческих проб, творческого поиска, но и путем поисковых проб, осуществляемых по алгоритму⁷⁸. С другой стороны, в процессе творческого поиска можно открыть новое, которое является новым только для данного человека⁷⁹. Таким образом, открытие нового само по себе еще не является показателем творчества, как это часто думают (открытие нового

⁷⁷ Примером проб, которые осуществляются по заранее заданному или самостоятельно составленному алгоритму, могут быть пробы применения теорем в процессе поиска доказательства какого-либо геометрического предложения. Чтобы доказать равенство, например, двух отрезков, можно составить перечень всех известных теорем о равенстве отрезков и определенный план испытания (проверки) их пригодности для данных условий. Поиск «подходящей» теоремы, осуществляемый по этому плану в определенной последовательности, и будет поиском по алгоритму. Опыт внесения элементов алгоритмизации в процесс поиска теорем при обучении геометрическим доказательствам описан, в частности, в нашей работе [686]. Алгоритмизация поиска, как мы уже говорили, лежит в основе составляемых в последнее время программ для доказательства математических и логических теорем с помощью универсальных вычислительных машин (см. например: [140], [141] и др.).

⁷⁸ Открытие нового посредством алгоритмического поиска (будем так называть поиск, который осуществляется по алгоритму) сегодня является уже реальным фактом. Машины, в которые заложен алгоритм, включающий в себя большое количество разнообразных проб, в принципе способны открыть то, что еще не открыл человек или что ему открыть трудно. Так, машины находят оптимальное решение многих задач, выявляют сложные закономерности процессов и т. д. Интересно, что машина, работая по программе, составленной М. М. Бонгардом [58], [59], открывает законы, по которым организованы ряды чисел, а также может решать ряд других задач, связанных с открытием новых, ранее не известных закономерностей.

⁷⁹ Естественным является различие нового в социальном смысле (новое для науки, по отношению к знаниям, накопленным человечеством) и нового в психологическом смысле (новое для индивида).

часто даже выдвигают в качестве показателя творческого процесса). Открытие нового и творческий процесс — это разные, хотя обычно тесно связанные друг с другом вещи.

Большинство современных самонастраивающихся и самообучающихся машин, осуществляющих поиск и открывающих в процессе поиска новые закономерности (в том числе и новые алгоритмы), работает по определенным алгоритмам поиска, представляющим собой «жесткие» предписания о том, как вести процесс поиска, какие пробы и в какой последовательности надо осуществлять. Однако в настоящее время уже имеются попытки моделировать и собственно неалгоритмический поисковый процесс. Моделирование осуществляется путем введения в процесс поиска случайного механизма проб и выбора (обычно на основе задания машине вероятностей различного типа проб). Именно этот принцип используется, например, в машинах, сочиняющих музыку.

Наличие случайных проб (т. е. проб, осуществляющихся не по алгоритму) является тем общим, что объединяет творческий поиск человека и «творчество» машин⁸⁰. Но случайные пробы человека основаны на определенных знаниях и интуиции, представляющей собой вероятностную оценку объектов, ситуаций и способов действий. Это почти всегда определенным образом направленные пробы. Пробы же большинства существовавших до недавнего времени машин вызывались генератором случайных процессов. Эти пробы были поэтому не только случайными, но и «слепыми». Только в последнее время стали разрабатываться машины с направленным поиском, работающие на основе накопления опыта и вероятностных оценок (см., например, А. Г. Ивахненко [102]). Но у машины без механизма направленного поиска есть лишь две крайности: она действует либо по жесткому алгоритму, либо на основе «слепых», чисто случайных проб. Человек, в отличие от такой машины, к чисто случайным пробам прибегает обычно редко. Наличие знаний и интуиции во многих случаях исключает необходимость слепого поиска⁸¹.

Все сказанное не означает, что в принципе невозможно моделировать любые механизмы творчества, делать при помощи машин любые научные и художественные открытия. В настоящее время, однако, мы не умеем моделировать даже основные механизмы человеческого творчества. Пока трудно сказать, в какой мере это удастся в недалеком будущем и с чем связан прогресс в этой области. Вполне возможно, однако, что смоделировать основные особенности человеческого творчества не удастся до тех пор, пока мы не научимся достаточно хорошо моделировать биологические процессы и — что особенно существенно — субъективное психическое отражение внешнего мира, связанное со специфической организацией информационных процессов в мозгу. По-видимому, трудности моделирования механизмов творчества человека вызваны тем, что творческие процессы связаны с деятельностью высокоорганизованной материи мозга, обладающей рядом свойств, которыми другие виды материи не обладают или обладают не в такой степени: большой лабильностью протекающих в них процессов, способностью к обобщению сигналов (что является кардинальной чертой психики), способностью к образованию различных типов ассоциаций (в том числе смысловых), способностью к динамическому преобразованию образов и понятий посредством умственных действий и рядом других⁸². Эти особенности в настоящее время с трудом поддаются моделированию (пока моделируются только отдельные параметры психической деятельности).

⁸⁰ Значение случайных проб и вообще роль случая в творчестве, особенно в научных открытиях, была подмечена давно (см., например: [8], [14], [23], [24] и др.), хотя соответствующие факты могут интерпретироваться по-разному.

⁸¹ Важнейшая особенность творческих процессов человека состоит еще в том, что, благодаря чрезвычайной лабильности своей анатомической и нервно-физиологической организации, человек способен производить такие новые действия (физические и умственные), которые раньше никогда не производились и в принципе не могли быть заранее запрограммированы. Это обеспечивается, в частности, особенностями строения двигательных органов человека. По этому поводу Л. М. Веккер [556], например, пишет: «Основная особенность человеческой руки как исполнительного органа по сравнению с исполнительными органами любого автоматического устройства (включая и механическую руку) заключается в ее высокой функциональной пластичности, которая позволяет решать практически безграничный класс двигательных задач на одной и той же морфологически неизменной конструкции. Открывая свободу осуществления бесконечного многообразия двигательных решений, сама конструкция руки как исполнительного органа не фиксирует в себе никакой определенной программы движений. В структуре руки не определена программа ни отдельных исполнительных операций, ни тем более их алгоритмической последовательности».

⁸² Специфические особенности психического отражения в отличие от других форм отражения отмечал В. И. Ленин (см. «Материализм и эмпириокритицизм», Полное собрание сочинений, т. 18, изд. 5, М., Госполитиздат, 1961). Конкретный психологический анализ специфики психического отражения и, в частности, способов организации информационных процессов в мозгу человека содержится в работах [4], [31], [68], [694], [695], [699] и некоторых других.

Между тем эти качества нервных и психических процессов играют огромную роль в механизме неалгоритмического поиска (творческих проб) и существенно влияют на его результаты.

Заметим, что указанные качества нервных и психических процессов определяют специфику не только творческих актов человека, но и специфику усвоения и применения им алгоритмов и алгоритмических предписаний. И это прежде всего выражается в процессах обобщения, которые возникают в ходе овладения алгоритмами. Обобщенность операций, из которых складывается алгоритмический процесс, не дана человеку изначально. Она формируется в процессе усвоения алгоритма. Но, сформировавшись, она обеспечивает перенос алгоритма в новые условия, применение его к новому конкретному содержанию. Как мы увидим дальше (см. часть II, раздел II), многие особенности применения человеком алгоритмов (в том числе ошибки в их применении) связаны с характером обобщений, формирующихся в ходе усвоения алгоритмов.

Из всего изложенного выше ясно, что, несмотря на свою «жесткость», алгоритмы⁸³ позволяют решать задачи разнообразных классов, включая задачи на открытие новых, ранее не известных закономерностей и способов поведения⁸⁴. На основе алгоритмов может осуществляться исследование явлений (посредством изучающих операций), их преобразование, а также построение других алгоритмов. Алгоритмы могут служить программой обучения и самообучения, на их основе может происходить совершенствование управляющих систем, приобретение ими нового опыта. Алгоритмы, несмотря на свою жесткость⁸⁵, могут обеспечивать гибкое приспособление управляющих систем к меняющимся условиям, позволяя вести управление изменяющимися процессами по изменяющимся программам. Благодаря тому что существуют различные типы и ранги алгоритмов, а также благодаря тому что алгоритмы могут образовывать иерархические системы, вступающие во взаимодействие друг с другом, жесткость алгоритмов не является препятствием для их изменения в процессе функционирования управляющей системы.

Большое гносеологическое значение исследований в области алгоритмизации широкого круга задач управления состоит в том, что они позволяют проникнуть в структуру многих процессов, которые до недавнего времени считались не поддающимися точному научному анализу, описанию и моделированию. Мысль о том, что кто-то, кроме человека, может решать интеллектуальные задачи, ведущие к открытию нового, еще недавно казалась кощунственной. Творчество считалось абсолютной прерогативой человека. Любая попытка расчленить творческий процесс на элементы и представить его как некоторую комбинацию, или сочетание, этих элементов воспринималась как механицизм.

Развитие кибернетики показало, что многие процессы (отнюдь не все!), которые считались (и до определенного момента фактически были) творческими, имеют алгоритмическую природу и что мы просто не знали алгоритмов, лежащих в их основе. Вот что по этому поводу говорил во вступительном докладе на международной конференции по автоматическому управлению В. А. Трапезников [161]: «Автоматы, помогающие исследователю, могут быть самообучающиеся. Они могут обучаться автоматизмам простого типа для выполнения узких заданий. Однако в принципе вовсе не невозможна выработка и в какой-то мере «творческих» навыков, т. е. автоматическое усовершенствование поиска в сложных областях. В настоящее время не видно границ для развития таких систем. Нельзя считать невозможным создание автомата, который на основании совокупности эмпирических данных, пробуя различные гипотезы, создавал бы связные теории, объясняющие данные опыта в какой-либо области. Между тем такая деятельность называется сегодня подлинно творческой». И далее В. А. Трапезников отмечает, что даже для специалистов было неожиданным обнаружение того, «как сложны и глубоки те процессы, которые ранее мог совершать лишь человеческий мозг и которые теперь поддаются автоматизации, благодаря применению цифровых машин». Выявление и точное описание структуры творческих процессов, многие из которых имеют в действительности алгоритмическую природу, имеет огромное значение и для педагогики. Их моделирование показывает, что творческие процессы можно не только «воспитывать»: творческой деятельности можно учить. Несомненно, что дальнейшие исследования в области анализа структуры мыслительной деятельности, ее точного описания и моделирования будут иметь большое значение не только для теории, но и для практики обучения.

⁸³ Сказанное относится и к алгоритмам поиска, поскольку они тоже «жесткие» в том смысле, что полностью детерминируют поисковый процесс.

⁸⁴ Поведение здесь понимается в том широком смысле, который этому термину придала кибернетика (см., например, книгу Г. Клауса [106] и послесловие Л. Б. Баженова, Б. В. Бирюкова и А. Г. Спиркина к этой книге).

⁸⁵ О том, что алгоритмы являются не только «жесткими», но и гибкими (и в каком именно смысле гибкими), уже говорилось на стр. 77, в.

Мы рассмотрели проблему зависимости типов алгоритмов от типов задач, которые требуется решать с их помощью, и характера информации, имеющейся в распоряжении управляющей системы об особенностях управляемого объекта и самом процессе управления. Имеется, однако, еще один важный признак, по которому алгоритмы можно делить на типы. Этот признак связан с тем, что является целью применения алгоритма: преобразование объекта или его распознавание. Рассмотрим этот признак более подробно.

Л. А. Кдлужнин в статье [103] говорит о том, что в алгоритмах, определенных граф-схемами (а граф-схемы — один из общих способов задания алгоритмов⁸⁶), имеются объекты двоякой природы: операторы и распознаватели. Операторы (или элементарные операторы) служат для преобразования информации, поступающей на вход алгоритма, распознаватели же, по характеристике В. М. Глушкова [84], «служат для распознавания наличия тех или иных свойств перерабатываемой алгоритмом информации и для изменения, в зависимости от результатов распознавания, последовательности, в которой следуют друг за другом элементарные операторы». Если, говоря другими словами, операторы — это математические объекты, которые соответствуют некоторым операциям по преобразованию информации, то распознаватели — это математические объекты, которые соответствуют некоторым операциям по ее распознаванию, по выявлению у нее тех или иных признаков. В зависимости от того, какими признаками обладает перерабатываемая алгоритмом информация, к ней применяются различные операции по преобразованию.

Подобно тому как под операторами в теории алгоритмов понимаются некоторые элементарные акты переработки информации, под распознавателями понимаются некоторые элементарные акты по ее распознаванию. Распознавание, осуществляющееся посредством распознавателей, в теории алгоритмов рассматривается как некоторый одноктный процесс, который ни на какие другие, более элементарные акты («шаги», операции) не расчленяется. Если обратиться к работе реальных управляющих систем, то мы увидим, что распознавание предметов, явлений или их свойств там редко представляет собой одноактный процесс. Чаще всего оно осуществляется не посредством одной операции, а с помощью целой системы распознавательных актов (операций). Анализ показывает, что эта система распознавательных операций может носить алгоритмический характер и быть алгоритмически описана. Отсюда следует, что могут существовать не только алгоритмы преобразования информации (и вообще материальных объектов), но и алгоритмы их распознавания. Если всякий алгоритм преобразования включает в себя в качестве своего компонента процесс распознавания, то процесс распознавания никакого преобразования исходных объектов может в себя не включать⁸⁷. Как увидим дальше, бывают, однако, случаи, когда процесс распознавания включает в себя преобразование исходного объекта. Но это случаи особые, хотя и довольно частые. Преобразование здесь выступает как средство распознавания, как его условие и предпосылка. Решением же задачи в этих случаях является не преобразование исходного объекта, а отнесение его к определенному классу.

Задача распознавания объекта всегда является частной по отношению к задаче его преобразования. Однако если процесс распознавания сложен, то он выступает как самостоятельная (и, заметим, часто весьма трудная) задача.

В самом деле, распознавание, например, болезни (установление диагноза) нужно для того, чтобы болезнь лечить (лечение — это преобразование состояния больного). Однако распознавание болезни, диагностирование выступает обычно как самостоятельная задача. Алгоритмы диагностирования представляют собой не что иное, как алгоритмы распознавания. Очень часто они включают в себя и операции преобразования (например, больному дают определенные лекарственные вещества, преобразуя тем самым его состояние так, чтобы по характеру реакций больного на эти вещества определить, чем он болен). Но эти преобразования имеют целью диагностирование, т. е. служат средством распознавания состояния больного, а не его лечения. Преобразование с целью лечения — это совсем иное преобразование, чем преобразование с целью распознавания.

Таким образом, алгоритмы с точки зрения цели, достигаемой с их помощью, можно разделить на два типа: алгоритмы преобразования и алгоритмы распознавания⁸⁸. При этом алгоритмы преобразования

⁸⁶ По этому вопросу см. также, например: Л. М. Фридман [342].

⁸⁷ В. М. Глушков отмечает: «Никаких изменений слова в распознавательных узлах (граф-схемы — Л. Л.) не производится» [84].

⁸⁸ В статье [271] мы неудачно назвали первый тип алгоритмов (алгоритмы преобразования) алгоритмами решения, или разрешающими алгоритмами, противопоставив их алгоритмам распознавания. Ведь распознавание также представляет собой процесс решения некоторой задачи. Термин «алгоритм преобразования», который мы

включают в себя операции (или даже алгоритмы) распознавания, а алгоритмы распознавания могут включать в себя операции (и даже алгоритмы) преобразования.

Как отличить такие алгоритмы друг от друга? Это можно сделать, по-видимому, лишь по характеру цели, которая ставится в процессе решения задачи с помощью алгоритма, по заключительному результату, получающемуся в итоге применения алгоритма. Если таким результатом является суждение о принадлежности исходного объекта к некоторому классу (типа $x \in A$, где x — исходный объект, A — некоторый класс, \in — знак принадлежности объекта классу), то данный алгоритм в целом является алгоритмом распознавания; в противном случае алгоритм представляет собой алгоритм преобразования.

Остановимся несколько более подробно на задачах распознавания, решаемых посредством преобразования. Примеры такого рода задач (из области медицинской диагностики) мы привели выше. Большое число задач на распознавание веществ в химии (в том числе решаемых в школе) является также задачами на распознавание посредством преобразования. Еще одним примером могут служить преобразования, которым подвергаются технические устройства с целью распознать причины выхода их из строя или ухудшения качества работы. Можно привести и другие примеры.

Распознавание путем преобразования очень часто применяется в школьной практике. Простейшим примером из области обучения грамматике является часто используемый в школе прием распознавания падежа существительного (именительный или винительный) путем замены одного слова другим. Так, например, если в предложении *Завод приобрел станок* надо узнать, в каком падеже стоит слово *станок*, то иногда рекомендуют заменить слово, отвечающее на вопрос *что?* и обозначающее неодушевленный предмет, словом, обозначающим одушевленный предмет (например, словом *корова*). Если исходное слово (*станок*) заменяется на слово в именительном падеже (*корова*), то исходное слово стоит в именительном падеже, если же исходное слово заменяется на слово в винительном падеже (*корову*), то оно стоит в винительном падеже⁸⁹. (В этом предложении *станок* заменяется на слово в винительном падеже: *Завод приобрел корову*.) В любом процессе распознавания, которое осуществляется, путем преобразования, т. е. путем некоторой конструктивной (хотя, быть может, лишь чисто мыслительной) деятельности, важнейшей операцией является сопоставление преобразованного объекта с некоторыми признаками, заданными определением или каким-либо другим теоретическим утверждением.

Тип этих теоретических утверждений таков: если некоторый предмет x обладает некоторым заданным признаком или признаками, то он принадлежит к некоторому классу. Например, если исходное слово, обозначающее неодушевленный предмет и отвечающее на вопрос «что?», заменяется словом, обозначающим одушевленный предмет и имеющим окончание именительного падежа, то исходное слово стоит в именительном падеже; если у больного имеются признаки a, b, c, \dots, k , то больной болен болезнью A и т. п.⁹⁰. Легко видеть, что эти теоретические утверждения указывают признаки принадлежности предметов и явлений к определенным классам (к классу слов именительного падежа, к классу определенных болезней и т. д.).

Огромное число примеров распознавания посредством преобразования можно привести и из других школьных курсов. Например, в арифметике, для того чтобы определить (распознать), делится ли некоторое число на 9, оно преобразуется (ищется сумма его цифр); в физике для определения точки кипения вещества его нагревают до этой точки и т. п.

То, что в алгоритме распознавания посредством преобразования выступает в качестве одной из последних операций (сопоставление признаков предмета с признаками, заданными теоретическими утверждениями), в «чистых» алгоритмах распознавания (т. е. в алгоритмах, которые позволяют распознавать предмет, не осуществляя преобразования) является основным содержанием процесса. Любой процесс распознавания сводится к тому, что в объектах, подлежащих распознаванию, выявляются определенные признаки, которые сопоставляются с признаками, характерными для объектов определенных классов. Если признаки рассматриваемого объекта совпадают с характеристическими признаками объектов некоторого класса, то данный объект принадлежит к этому классу, если же не совпадают, — то не принадлежит.

Поскольку процесс распознавания можно расчленить на элементарные операции, которые могут применяться к варьирующим исходным данным, и поскольку, далее, его можно строго детерминировать определенным предписанием, то процесс распознавания может быть алгоритмизирован так же, как и многие процессы преобразования.

употребляем в этой работе, представляется нам более правильным.

⁸⁹ Мы сейчас не касаемся педагогической целесообразности этого приема.

⁹⁰ Высказывание «если некоторый предмет x обладает признаком a , то он принадлежит к классу A » можно записать на языке символической логики так: $a(x) \rightarrow x \in A$. (Запись $a(x)$ означает, что предмет x обладает признаком a ; стрелка \rightarrow соответствует союзу «если..., то».)

Правомерно поставить вопрос: в чем вообще значение проблемы распознавания, почему процесс распознавания требует специального рассмотрения?

В общей форме значение этой проблемы заключается в том, что подавляющее большинство действий как человека, так и животных применимо не просто к отдельным конкретным предметам, но к предметам как элементам (членам) некоторых классов предметов (принадлежность предметов к тем или иным классам определяется наличием у них некоторых общих признаков). Биологически и социально нецелесообразно вырабатывать на каждый отдельный предмет, процесс, явление, воздействие и т. п. особую форму поведения. Гораздо целесообразнее вырабатывать формы поведения применительно к предметам как представителям целых классов предметов. Только в этом случае появляется возможность перенести поведение с одного предмета на другой, не проходя каждый раз специальной стадии обучения и не вырабатывая по отношению к каждому новому индивидуальному предмету специальную форму поведения. Но чтобы такой перенос способов поведения стал возможен, необходимо предварительно распознать, к какому классу принадлежит каждый данный предмет. Только осуществив процесс распознавания, процесс подведения предмета под представление или понятие о некотором классе предметов, можно перенести способ поведения, сформированный по отношению к предметам некоторого класса, на данный конкретный предмет.

Представим себе на минуту, что животные — не говоря уже о людях — не могли бы распознавать предметы, т. е. относить их к определенным классам. Тогда жизнь была бы невозможна. Животное, питающееся травой, в связи с каждой новой травинкой оказывалось бы перед необходимостью решить, что это такое и можно ли «это» есть. И лишь благодаря тому что каждая новая травинка распознается им как предмет, принадлежащий к классу «трава», на нее переносятся действия, применяемые к предметам данного класса. Животные, как известно, распознают предметы только на уровне восприятия (т. е. на основе их внешнего сходства). Человек способен распознавать предметы также и на уровне мышления; при этом внешнее сходство предметов является необязательным. Обладая способностью выявлять внутренние, скрытые от наблюдения признаки предметов и оперировать ими, человек способен относить к одному и тому же классу и такие предметы, которые внешне не сходны, но обладают сходством по внутренним, скрытым признакам.

Из всего сказанного ясно значение процесса распознавания в обучении. Любые преобразования, которые ученик должен осуществлять в процессе усвоения знаний, умений и навыков, включают в себя в качестве своего компонента — а часто и специальной задачи — распознавание принадлежности к определенному классу. Не осуществив процесса распознавания или распознав предмет ошибочно, часто невозможно осуществить и его преобразование (или оно будет неправильным). Специальное обучение процессам распознавания и выяснение возможностей их алгоритмизации выступает поэтому как важная задача, решение которой имеет существенное значение для практики (а потому и теории) обучения. Рассмотрению подходов и методов ее решения будет посвящена большая часть оставшихся разделов книги. Однако прежде чем специально рассматривать проблему обучения учащихся алгоритмам распознавания, необходимо подробнее рассмотреть более общий вопрос о путях применения алгоритмов (алгоритмических предписаний) в обучении. К этому вопросу мы и переходим.

VI

ПРОБЛЕМА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ОБУЧЕНИЯ АЛГОРИТМАМ

§ 1. ТИПЫ ЗАДАЧ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИХ РЕШЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ АЛГОРИТМОВ

Как мы уже говорили выше, человеку в процессе его деятельности приходится решать огромное количество самых разнообразных практических и теоретических задач. Решая эти задачи, он выступает как управляющая система, преобразующая определенные объекты или информацию о них. Чтобы решение задач было успешным, человек должен владеть определенными методами решения. Но для этого его надо им обучить, а он должен их усвоить. В тех случаях, когда методы в готовом виде человеку не даны или вообще неизвестны, он должен уметь самостоятельно их открыть. Это, в свою очередь, требует специального обучения методам самостоятельного открытия методов⁹¹.

Как известно, «поручая» машине решение определенных задач, мы либо вооружаем ее определенными алгоритмами решения (в частном случае решения методом поиска), либо вкладываем в нее некоторый алгоритм поиска алгоритмов⁹², который позволяет ей самой открыть алгоритм решения с тем, чтобы затем его применять. Встает вопрос: чем надо вооружать людей и что надо в них «вкладывать», ставя перед ними определенные задачи? Следует ли, в частности, вооружать их алгоритмами решения задач и алгоритмами поиска, специально этим алгоритмам обучая? Ведь люди являются самыми совершенными самонастраивающимися, самообучающимися системами, способными самостоятельно вырабатывать алгоритмы или находить пути неалгоритмического решения задач даже в тех случаях, когда алгоритмов не существует или они неизвестны.

Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо рассмотреть, с какими задачами приходится иметь дело людям в ходе своей практической и теоретической деятельности и владение какими методами требуется для решения этих задач.

Здесь возникают следующие вопросы:

1. Все ли задачи можно решать посредством алгоритмов⁹³?
2. Если нет, то какие именно задачи посредством алгоритмов решать нельзя?
3. Существуют ли задачи, которые, наоборот, нельзя решить, не осуществив некоторого алгоритмического процесса?
4. Если существуют задачи, которые можно решать посредством алгоритмов, то всегда ли их целесообразно так решать? В каких случаях это целесообразно, а в каких нецелесообразно?
5. Если некоторые задачи целесообразно решать посредством алгоритмов, то целесообразно ли этим алгоритмам обучать? В каких случаях целесообразно, в каких нет?

Остановимся прежде всего на вопросе о том, какие задачи можно, целесообразно или необходимо решать посредством алгоритмов, а какие нет. Общую классификацию основных типов задач с интересующей нас точки зрения можно представить следующим образом (см. схему на стр. 114).

Рассмотрим более подробно основные из этих типов задач.

Задачи, для решения которых нельзя построить алгоритмы или они не построены.

Об этих задачах уже шла речь в разделе I книги (глава I), поэтому мы на них здесь останавливаться не будем. Совершенно естественно, что задачи, для решения которых нельзя построить алгоритмов или они не построены, не могут быть посредством алгоритмов решены и обучать таким алгоритмам невозможно.

Перейдем к рассмотрению задач, для которых можно построить алгоритмы. Начнем с задач, которые необходимо решать посредством алгоритмов.

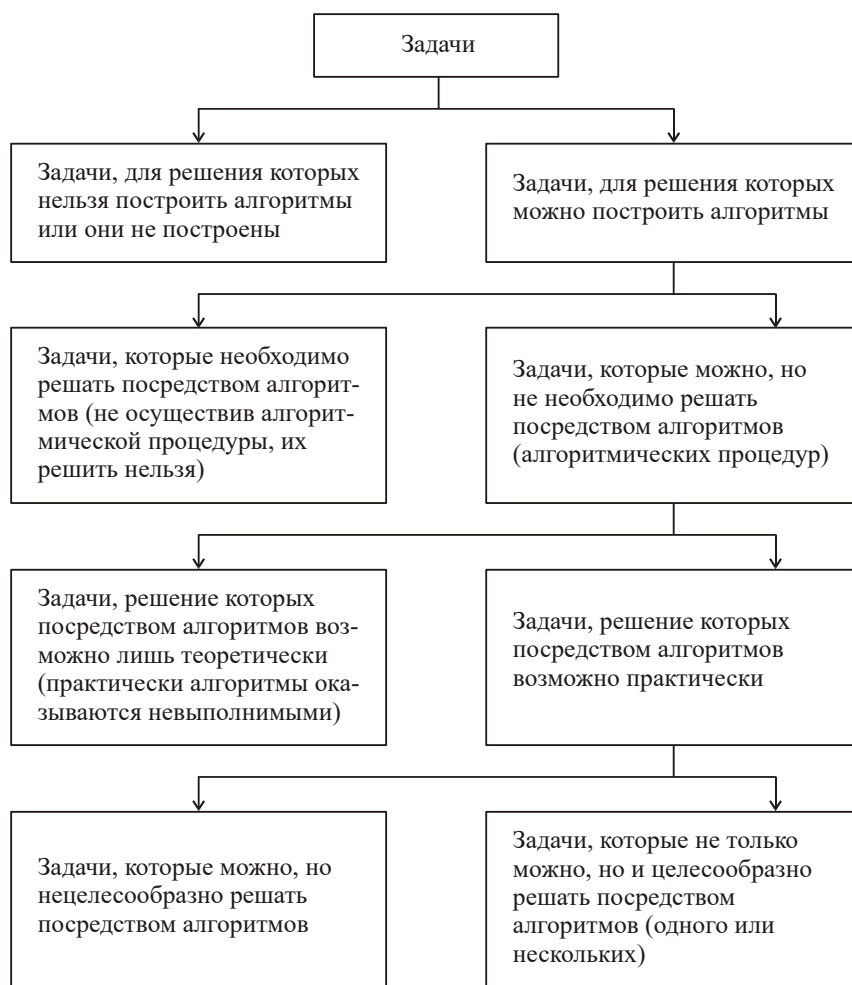
Задачи, которые необходимо решать посредством алгоритмов (алгоритмических процедур).

Таких задач очень много. Это задачи, которые требуют для своего решения осуществления определенной системы операций, причем обязательно в строгой последовательности. Не осуществив нужной системы операций или нарушив необходимую их последовательность, решить задачу невозможно.

⁹¹ Говоря другими словами, какие-то исходные методы человек все равно должен усвоить, его надо им научить.

⁹² О различии поиска как метода решения и поиска как средства открытия алгоритма решения см. выше.

⁹³ Для нас сейчас не важно, решать ли посредством сознательного применения некоторого алгоритмического предписания или путем осуществления некоторой алгоритмической процедуры без осознания полного состава и структуры операций, из которых складывается процесс решения. Речь идет о принципиальной возможности построить алгоритмическое предписание для решения некоторого класса задач и осуществить некоторый алгоритмический процесс (алгоритмическую процедуру).



Много примеров таких задач дает производственная и практическая деятельность (включение приборов и механизмов, управление машинами, регулирование производственных процессов и т. д. и т. п.)⁹⁴. Не меньшее количество таких задач встречается в учебной деятельности (например, при изучении математики, химии и других предметов).

Ряд примеров грамматических задач, правильное решение которых может быть получено только при выполнении операций в определенной последовательности, приведены, в частности, в работах Г. Г. Гранин [240], [592], А.В. Поляковой [752], [753] и А. И. Власенкова [223]. А. В. Полякова [752], например, проанализировав одну из ошибок, возникающую у учащихся в связи с нарушением ими определенной последовательности операций в процессе решения грамматической задачи, пишет: «Из сказанного вытекает вывод: учителю самое серьезное внимание надо уделить последовательности записей учащихся при проверке слов (речь идет об одном приеме выработки правильной последовательности действий при решении грамматических задач.— Л. Л.). В подавляющем большинстве случаев запись ведется в неправильном порядке: сначала пишется слово с определяемой орфограммой, а потом записываются проверочные слова. Нужно приучить к записи в обратном порядке: сначала проверочные слова, а потом проверяемые. Иначе проверка теряет всякий смысл».

Необходимость строгой последовательности операций при решении рассматриваемого типа задач связана с определенной «стадийностью» преобразования тех объектов, которое осуществляется посредством этих операций. Как только приходится решать задачу, где каждый последующий акт преобразования исходного объекта направлен на результат предыдущего акта, так оказывается существенной последовательность этих актов. Не зная алгоритмов решения подобных задач или (и) не осуществив определенной алгоритмической процедуры, решить эти задачи невозможно. Отсюда значение обучения такого рода алгоритмам. Некоторые из этих задач могут быть решены посредством одного-единственного

⁹⁴ Так, например, не выполнив определенной последовательности операций, нельзя завести автомашину, невозможно осуществлять некоторые важные функции управления самолетом, поездом и т. п. Нарушение нужной последовательности операций (в общем случае такая последовательность может быть не единственной) может привести к авариям и катастрофам.

алгоритма, единственно возможной системы операций, другие могут иметь различные алгоритмы решения, т. е. решаться посредством различных систем операций, но внутри каждой системы последовательность операций должна быть строго определенной. Важный вопрос, который встает при решении задач, имеющих различные алгоритмы решения,— это вопрос о том, какой из алгоритмов в каких именно условиях является более рациональным. Но это особый вопрос, и он будет специально обсужден ниже.

Мы рассмотрели задачи, которые не могут быть решены посредством алгоритмов, и задачи, которые не могут быть решены без посредства алгоритмов, без осуществления алгоритмического процесса. Перейдем к рассмотрению задач, которые можно, но не необходимо решать посредством алгоритмов, и прежде всего задач, для решения которых могут быть построены алгоритмы, но эти алгоритмы столь сложны, что практически невыполнимы.

**Задачи, решение которых по алгоритму возможно лишь теоретически
(практически алгоритм оказывается невыполнимым).**

Наиболее известным примером такого рода задач является задача отыскания наилучшего хода в шахматной игре. Поскольку в шахматах существует конечное число позиций, в каждой позиции—конечное число возможных действий (ходов), то для отыскания наилучшего хода можно в принципе построить алгоритм, который будет представлять собой некоторый алгоритм перебора всех возможных ходов в каждой из возникающих на доске позиций и тем самым всех возможных партий (см., например, В. Б. Орлов [142]). Однако количество возможных позиций и ходов при игре в шахматы столь велико, что осуществление этого алгоритма оказывается практически невозможным. Подсчитано, что если бы этот алгоритм был составлен и заложен в электронную вычислительную машину, выполняющую миллионы операций в секунду, то поиск наилучших ходов в шахматной партии потребовал бы необозримого времени. К этому классу задач принадлежат, однако, не только задачи на отыскание наилучшего хода в шахматной игре. Примером из школьной практики могут служить геометрические задачи на доказательство. Для решения школьных геометрических задач в принципе можно построить алгоритмы, аналогичные алгоритмам перебора при игре в шахматы. Однако решать задачи на основе этих алгоритмов было бы практически невозможно, так как они тоже потребовали бы огромного перебора. Ясно, что этим алгоритмам было бы невозможно и учить. Выход состоит в том, чтобы построить методы, которые значительно сузили бы область поиска решения и позволили бы решать задачи, не осуществляя полного перебора всех возможных вариантов действий. Такими методами являются так называемые эвристические методы, о которых мы говорили в предисловии к этой работе. Эвристические методы предполагают опору на накопленный опыт решения задач и использование этого опыта для определения направления поиска, с наибольшей вероятностью ведущего к решению. Эвристические методы могут отличаться друг от друга степенью определенности указаний, входящих в соответствующие предписания. Однако степень определенности указаний может быть столь велика, что эвристические методы могут быть формализованы и представлены в виде алгоритмов, по которым может работать электронная вычислительная машина.

Мы указали примеры некоторых задач, для которых в принципе можно построить алгоритмы, но эти алгоритмы оказываются практически невыполнимыми. Рассмотрим теперь задачи, для которых можно построить практически выполнимые алгоритмы. Однако, как это ясно из приведенной выше схемы, не всякую задачу, которую можно решить посредством алгоритма, целесообразно так решать. Поскольку этот класс задач весьма важен, рассмотрим его подробнее.

Задачи, которые можно, но нецелесообразно решать посредством алгоритмов.

Первый пример относится к задачам, с трудом поддающимся формализации, т. е. к задачам, для которых трудно составить однозначные предписания, полностью детерминирующие процесс решения. Таковы, в частности, некоторые грамматические задачи. Рассмотрим одну из них, а именно задачу на определение правописания приставок *пре-* и *при-*.

В стабильном учебнике русского языка для средней школы С. Г. Бархударова и С. Е. Крюčkова [532] правила правописания этих приставок излагались так⁹⁵:

«Чтобы не ошибиться в правописании приставок *пре-* и *при-*, надо понимать их значение.

Приставка *при-* имеет два основных значения. Во-первых, она обозначает сближение, соединение с чем-нибудь, а также нахождение вблизи чего-нибудь, например: *приехать*, *прибежать*, *приклеить*, *прикупить*; *прибрежный*, *приморский*, *пригород*. Во-вторых, она обозначает неполноту действий, например: *прилечь*, *присесть*, *притворить*.

⁹⁵ Мы приводим формулировку правил по предыдущему стереотипному изданию учебника [532], так как из этой формулировки исходила А. В. Полякова в работе [752], которую мы ниже будем анализировать. В последнем стереотипном издании учебника [533] эта формулировка изменена несущественно.

Приставка **пре-** имеет тоже два основных значения. Во-первых, обозначает высокую степень качества или действия, например: **предобрый**, **премилый**; **преувеличивать**, **превысить**. Во-вторых, она имеет значение, близкое к приставке **пере-**, например: **прервать** (перервать), **преломление** (переломиться).

Во многих словах значение приставок **пре-** и **при-** объяснить трудно, например: **преследовать**, **пренебрегать**, **знаки препинания** и др. Правописание таких слов надо запомнить».

В этих правилах указаны условия написания каждой приставки, но прямо не указано, что надо делать, как надо рассуждать, чтобы определить написание приставки в том или ином слове. А. В. Полякова в работе [752] на основе указанных в учебнике признаков сформулировала два возможных пути решения задачи на определение того, какую приставку надо писать в слове. Приведем их в формулировке А. В. Поляковой:

«1. Путь д о п у щ е н и я . Если это **при-**, то должно было бы быть одно из таких значений этой приставки: или присоединение, или приближение, или нахождение около чего-нибудь, или неполнота действия — и не могло бы быть значений приставки **пре-**: или высокая степень качества, или высокая степень действия, или приставка **пре-** близка по значению к **пере-**. Посмотрим, какое значение подходит. Подходит вот это. При этом значении пишется приставка **при-** (**пре-**).

Таким образом, идя этим путем, необходимо пробовать все значения, а выбрать одно.

2. Путь о п р е д е л е н и я л е к с и ч е с к о г о з н а ч е н и я с л o в a . Какая мысль выражена в данном слове? Данное слово обозначает... При этом пишется приставка **при-** (**пре-**).

Этот второй путь ведет к непосредственному выбору смыслового значения слова.

Надо сказать, что очень часто непосредственно определить значение слова трудно. Поэтому необходимо рекомендовать предварительно сравнивать разные значения и на основе сравнения выбирать наиболее подходящее».

Хотя А. В. Полякова не сформулировала пути решения задачи в виде предписаний, п р я м о обращенных к действиям учащихся, сформулировать такие предписания на основе сказанного ею легко. Например, для первого пути это можно сделать так.

Чтобы определить, какую приставку (**пре-** или **при-**) следует писать в слове, надо:

- 1) Допустить, что оно имеет приставку **при-**.
- 2) Проверить, обозначает ли слово присоединение.

Если да, то писать приставку **при-**.

Если нет, то

- 3) Проверить, обозначает ли слово приближение.

Если да, то писать приставку **при-**.

Если нет, то

- 4) Проверить, обозначает ли слово нахождение около чего-нибудь. И т. д.

Аналогичное предписание можно составить для второго пути определения правописания приставки.

Если поставить вопрос, будет ли такое предписание алгоритмическим, то на него надо ответить отрицательно. Это предписание не алгоритмическое, так как апеллирует к таким семантическим операциям, которые не являются достаточно элементарными и которые поэтому не могут быть во всех случаях однозначно выполнены даже одним и тем же учеником. Тот или иной результат выполнения операции целиком зависит от особенностей индивидуального опыта ученика, даже от чисто случайных ассоциаций, могущих возникнуть у него в процессе восприятия слова, которое надо писать. В связи с этим, правильно определив значение одного слова и правильно написав в этом случае приставку, ученик может, следуя тому же предписанию, неправильно определить значение другого слова и допустить ошибку. Примеры таких ошибок можно найти в любой методической работе, посвященной этой теме.

Таким образом, данное предписание не полностью детерминирует процесс решения задачи учеником и действия по этому предписанию не обеспечивают безошибочного написания приставки во всех случаях, хотя, как показала А. В. Полякова, обучение этому предписанию и уменьшает количество ошибок по сравнению с таким способом обучения, когда учащимся вообще не показывают, как надо рассуждать при решении задач данного типа.

Возникает следующий вопрос. Если приведенное выше предписание не является алгоритмическим, то можно ли для этой и подобных ей задач построить алгоритмические предписания, которые бы полностью и однозначно детерминировали действия учащихся и обеспечивали безошибочное написание приставок во всех случаях? Поскольку количество слов, в которых надо определять написание приставок, является конечным, то соответствующее алгоритмическое предписание построить можно. Оно,

однако, будет включать в себя операцию обращения к словарю. Алгоритм, включающий операцию обращения к словарю, обеспечит безошибочное написание приставок во всех случаях. Но действовать по такому алгоритму нецелесообразно: нельзя всегда носить с собой словарь; искать в словаре каждое слово долго и неудобно. Учащихся потому и обучают грамматическим правилам и предписаниям, подобным приведенному, чтобы у них не было надобности обращаться каждый раз к словарю.

Заметим, что большая целесообразность решения задач не по алгоритму (алгоритмическому предписанию), а на основании предписаний неалгоритмического типа имеет место не только в случае необходимости осуществлять неэлементарные семантические операции, но и в случае необходимости осуществлять некоторые операции несемантического характера, например, связанные с выделением и оценкой чувственно воспринимаемых и представляемых характеристик объектов. Так, для того чтобы научить учащихся правильно писать корни с чередующимися гласными, А. В. Полякова [753] для одного из типов этих корней (*гор—гар, зор—зар*) составила такое предписание: «Сначала нужно поставить в слове ударение; потом выделить корень; потом найти сомнительный гласный; вывод: если ударение падает на корневой гласный, то в корнях *гор—гар* под ударением всегда пишется *а*, в корнях *зор—зар* под ударением всегда пишется *о*». Это предписание также не является алгоритмическим. Третье указание (первые два нас в данной связи не интересуют) не детерминирует однозначно процесса решения задачи: гласный, который одному ученику покажется сомнительным, другому сомнительным не покажется. Более того, одному и тому же ученику один и тот же гласный в одном слове покажется сомнительным, в другом никаких сомнений у него не вызовет. Как и в предыдущем случае, для решения этой задачи можно составить алгоритм, который будет предполагать обращение к словарю, но действовать по такому алгоритму будет также нецелесообразно.

Мы рассмотрели примеры, когда для решения некоторых классов задач можно составить практически выполнимые алгоритмические предписания, руководствоваться которыми, однако, нецелесообразно, так как это порождает ряд трудностей, неудобств, требует значительных затрат времени и т.п.

Рассмотрим пример другого рода, когда следование алгоритму может привести к нерациональному решению задачи⁹⁶.

Как известно, при обучении тождественным преобразованиям в алгебре отчетливо проявляется стремление строго алгоритмизировать все действия учащихся. Это делается примерно по следующей схеме. Для алгебраических выражений, рассматриваемых на каждом отдельном этапе обучения тождественным преобразованиям, выбирается и фиксируется некоторый специальный канонический вид, и обучение технике тождественных преобразований сводится к тому, что учащиеся привыкают приводить каждое алгебраическое выражение к этому каноническому виду и производить действия над алгебраическими выражениями, записанными в таком виде. Если уже для рациональных алгебраических выражений такой подход не во всех случаях является целесообразным (бывают задачи, которые можно решить более экономно, не приводя выражение к каноническому виду), то при переходе к тождественным преобразованиям иррациональностей понятие канонического вида алгебраического выражения теряет свой точный математический смысл; вместе с тем теряет смысл строгая алгоритмизация процессов преобразования. Но указанная выше схема в практике обучения по инерции продолжает действовать. При этом в качестве «канонического вида» дробно-иррациональных алгебраических выражений практически используется представление этих выражений в виде дробей с рациональными знаменателями. В результате у учащихся вырабатывается устойчивая привычка одно из преобразований — освобождение от иррациональности в знаменателе дроби — рассматривать как нечто универсально необходимое и выполнять его каждый раз перед тем, как приступить к каким бы то ни было операциям над иррациональными алгебраическими дробями. Производить действия над иррациональными дробями, минуя это преобразование, учащиеся часто вовсе не умеют, — этому их не учат. При обычной системе обучения достигается возможность решать все задачи на тождественные преобразования иррациональностей некоторым единообразным, заранее указанным путем (т. е. посредством некоторого единого алгоритма), однако этот путь оказывается, как правило, гораздо более длинным и громоздким, чем применение в каждом отдельном случае соответствующих этому случаю частных приемов. Такие частные приемы не допускают полной алгоритмизации (хотя бы потому, что разложение на множители в области иррациональных выражений оказывается неоднозначным), и, очевидно, по этой причине учащихся им часто не обучают.

Сказанное может быть иллюстрировано на примере одной задачи из стабильного задачника по алгебре, где требуется упростить выражение:

⁹⁶ На этот пример обратил наше внимание В. Г. Ашкингузе, разрешив использовать его в этой книге. Мы приводим пример в интерпретации В. Г. Ашкингузе.

$$\left(\frac{2}{\sqrt{a}-\sqrt{b}} - \frac{2\sqrt{a}}{a\sqrt{a}+b\sqrt{b}} \cdot \frac{a-\sqrt{ab}+b}{\sqrt{a}-\sqrt{b}}\right) : 4\sqrt{ab} \quad (1)$$

Эта задача без труда решается в уме, если только заметить, что при умножении дробей в скобках возможно сокращение на выражение $a - \sqrt{ab} + b$, поскольку известная формула $(a+b)(a^2-ab+ab+b^2)=a^3+b^3$ при замене a на \sqrt{a} и b на \sqrt{b} дает: $(\sqrt{a} + \sqrt{b}) \cdot (a - \sqrt{ab} + b) = a\sqrt{a} + b\sqrt{b}$. Однако учащиеся часто не видят этого простого пути и, следуя привычному алгоритму, освобождают все дроби от иррациональности в знаменателях. Вторая дробь принимает при этом вид:

$$\frac{2a^2-2b\sqrt{ab}}{a^3-b^3} \quad (2)$$

а третья:

$$\frac{a\sqrt{a}+b\sqrt{b}}{a-b} \quad (3)$$

Числитель последней дроби оказывается таким же, как знаменатель второй дроби в выражении (1), но не в ее преобразованном виде (2). Поэтому (если мы уж пошли по такому пути) следует признать преобразование второй дроби выполненным напрасно, вернуться к первоначальному виду этой дроби и произвести сокращение при умножении. Однако учащиеся, слепо следуя общему алгоритму, часто не обращают внимания на подобного рода обстоятельства и, преобразовав однажды вторую дробь, имеют дело в дальнейшем только с ее новой формой. Таким образом, далее следует непосредственное перемножение дробей (2) и (3) (при этом непосредственное перемножение числителей представляет собой довольно громоздкое действие), и лишь после этого в числителе полученной дроби выделяется рациональный множитель a^3-b^3 и производится сокращение.

Этот пример показывает, насколько снижается в иных случаях уровень преобразований иррациональных выражений алгоритмизацией путей этих преобразований: задачи, которые могут решаться в уме, превращаются в процессе обучения в задачи значительной сложности; сплось и рядом на решение одной-двух таких задач тратится по целому уроку.

Для того чтобы выполнять (и притом разумно) тождественные преобразования даже несложных иррациональных выражений, учащийся должен не только свободно владеть техникой выполнения элементарных преобразований, но и уметь бегло оценивать в каждом конкретном случае возможность и целесообразность применения тех или иных преобразований, что требует выработки специальных навыков ориентировки⁹⁷. Разумеется, поскольку тождественные преобразования иррациональностей, выполняемые в средней школе, охватывают лишь конечное число различных случаев, в принципе возможно перечислить все такие случаи с указанием наилучшего способа решения в каждом из них, т. е. сформулировать алгоритм кратчайшего выполнения действий над иррациональными алгебраическими выражениями, пригодный для всех таких случаев. Однако сам такой алгоритм был бы по своей формулировке необозримо громоздким, и обучение ему было бы очевидной педагогической нелепостью. С другой стороны, из изложенного видно, что алгоритмы, простые по своей формулировке (а формулировка традиционного алгоритма преобразования дробно-иррациональных выражений весьма несложна), могут быть слишком сложными в отношении своей реализации и вести к нерациональному решению задачи.

Рассмотрим еще одну группу задач, для решения которых можно построить алгоритмы, но решать которые посредством алгоритмов нецелесообразно. Это задачи, решить которые легче путем проб, причем количество возможных проб сравнительно невелико. Такие задачи довольно часто встречаются как в обыденной жизни, так и в производственной, а также учебной деятельности. Простейшим примером подобной задачи, например из алгебры, является задача, которая встает при решении уравнений первой степени с одним неизвестным.

Для решения уравнения, как знает каждый школьник, необходимо члены, содержащие неизвестное, перенести в одну сторону, а свободные члены в другую. В принципе совершенно безразлично, какие члены в какую именно сторону переносить, но допустим, мы хотим, чтобы при переносе членов с неизвестными в одну сторону, а свободных членов в другую и приведения подобных членов коэффициент при неизвестном был положительным. Нетрудно составить алгоритм, действуя по которому можно определить, в какую сторону в тех или иных случаях предпочтительно перенести свободные члены и

⁹⁷ Вопрос о закономерностях и особенностях ориентировочной деятельности в процессе решения задач и формирования навыков специально изучается П. Я. Гальпериным, А. В. Запорожцем и их сотрудниками (см., например, [574—576], [632], [739], [762], [769]). Ими разрабатываются специальные приемы формирования ориентировочной деятельности. Заметим, что целенаправленное обучение алгоритмам поиска и распознавания, о которых мы говорили в предыдущем разделе, представляет собой не что иное, как формирование прежде всего умения ориентироваться в определенных ситуациях, т. е. осуществлять ориентировочную деятельность.

члены, содержащие неизвестное. Однако составлять такой алгоритм и пользоваться им нецелесообразно. Гораздо экономнее мысленно **п о п р о б о в а т ь** перенести неизвестное в одну какую-либо сторону и посмотреть, с каким знаком окажется неизвестное. Если со знаком плюс, то проба была правильной, если со знаком минус, то ошибочной и надо перенести неизвестное в другую сторону⁹⁸.

Таким образом, пробы с последующей оценкой их результатов по некоторому критерию являются в ряде случаев более экономным способом решения задачи, чем действия по алгоритму. Именно поэтому человек нередко использует метод проб как более рациональный. Надо сказать, что во многих случаях задачи частично решаются человеком методом проб, частично (на определенных этапах) по алгоритму. Особенностью человека, как мы уже говорили, является то, что он может быстро и гибко переходить с одной программы решения к другой, что он является «многопрограммной» системой.

С примерами, когда люди действуют методом проб, а не по алгоритму (причем метод проб оказывается более рациональным), мы сталкиваемся не только при решении математических задач. Так, например, люди, изучающие иностранный язык, в целях понимания и перевода иностранного текста часто осуществляют анализ предложений не на основе алгоритмов грамматического анализа (даже в случаях, когда они их знают), а посредством проб, оценивая правильность каждой пробы на основе семантических критериев⁹⁹. Такой метод отнюдь не всегда приводит к успеху (часто он просто не позволяет правильно понять текст или приводит к ошибочному пониманию и переводу), но иногда он позволяет достигнуть цели более экономным путем.

Объективной предпосылкой возможности решить задачу путем проб является знание решающим того конечного результата, который должен быть получен в итоге решения. С этой точки зрения, задачи можно разделить на два типа, которые можно условно назвать **задачами с заранее известным конечным результатом** и **задачами с заранее неизвестным конечным результатом**.

К первому типу задач принадлежит, например, задача открыть замок, если утерян ключ (конечное состояние замка, которое надо получить в результате решения, здесь точно известно), задача поддерживать температуру в печи в пределах от *a* до *b* градусов (температура, которую надо получить в итоге действий, здесь заранее известна), задача синтезировать некоторое химическое вещество с заранее заданными свойствами, задача доказать некоторое математическое предложение и многие другие.

Ко второму типу задач принадлежат, например, такие: задача сложить одно число с другим, например 18 191 и 39 944 (какое число надо получить — и должно получиться — в результате сложения, заранее неизвестно), задача определить, сколько я надо писать в слове *бешен...ый* (это тоже заранее неизвестно) и ряд других.

Если задачи с заранее известным конечным результатом возможно и в ряде случаев целесообразно решать путем проб (возможно потому, что, зная конечный результат, который надо получить, всегда можно точно сказать, привели пробы к этому результату или не привели), то задачи с неизвестным конечным результатом решать путем проб нецелесообразно, а часто даже и невозможно. В самом деле, если заранее неизвестно, какое число должно получиться в результате сложения 18 191 и 39 944, то пытаться решать задачу посредством проб бессмысленно, так как отсутствует критерий того, какая проба правильная, а какая неправильная, какая привела к нужному результату, а какая не привела. Аналогичная ситуация имеет место при решении очень многих грамматических задач. Нельзя определить, сколько *n* надо писать в слове *бешен...ый*, пробуя вставлять в него различное количество *n* (одно или два), так как никаких прямых критериев того, какая проба правильная, а какая неправильная, у нас нет. То, что должно было бы выступать в качестве критерия правильности проб, как раз и является неизвестным.

Однако в подобных случаях (т. е. при решении задач с неизвестным конечным результатом) обычно можно самостоятельно найти (открыть) алгоритмы решения. Но для этого необходимо знание и использование либо косвенных критериев оценки правильности проб, либо оценка правильности проб другими людьми. В ряде случаев в качестве критерия могут выступать образцы конечного продукта, с которыми человек сталкивается в процессе жизни и деятельности (например, человек сталкивается с правильным написанием слов в книге). Процесс самостоятельного открытия алгоритма происходит в этих случаях так. Человек строит какую-либо гипотезу о способе действий и пробует эти действия применить (это может быть одно действие или целая цепь действий). Если проба привела к положительным результатам (это оценивается на основе имеющихся в его распоряжении критериев или другими людьми), то эти

⁹⁸ Если в пробах человека имеется строгая система (т. е. он всегда производит пробы в определенной последовательности), то можно говорить, что он действует по определенному алгоритму проб.

⁹⁹ Например, если пробы направлены на установление связей слов в предложении.

действия запоминаются и принимаются в качестве возможного алгоритма. Этот алгоритм затем проверяется путем решения задач с другими условиями. Если же проба к положительному результату не привела, то строится другая гипотеза и производится другая проба, результаты которой также оцениваются на основе имеющихся критериев или другими людьми, и так до тех пор, пока человек не найдет действий, которые приведут к правильному результату¹⁰⁰. Именно таким образом некоторые учащиеся, например, самостоятельно открывают грамматические алгоритмы, если их этим алгоритмам не обучают.

Как мы сказали выше, многие грамматические задачи являются задачами с неизвестным конечным результатом. Поэтому найти алгоритм посредством проб с оценкой результатов по п р я м о м у критерию, т. е. используя в качестве критерия требуемый конечный результат, часто невозможно, так как этот конечный результат неизвестен. Оценкой, которая при поисках алгоритма ориентирует ученика в правильности или неправильности его гипотез и проб, является в этих случаях оценка преподавателя или — реже — самооценка, возникающая в результате сопоставления результатов своих проб с какими-то косвенными критериями. Если ученик написал, например, слово правильно, то тем самым подтверждается гипотеза, из которой он исходил, или проба, которую он произвел (затем эта гипотеза проверяется при решении других задач), если же он ошибся, то гипотеза отвергается. Указание учителем ошибки или самостоятельное ее обнаружение на основе сопоставления результатов своих действий, например, с каким-то образом является стимулом к поискам другой гипотезы и осуществлению других проб. Так, в результате испытания различных гипотез и проб и на основе оценки преподавателя или самооценки некоторым ученикам (обычно наиболее способным, с гибким мышлением) удается самостоятельно найти (открыть) алгоритм решения задач того или иного типа.

Приведем еще один пример задач, решать которые посредством алгоритма может оказаться нецелесообразным. Это задачи, где принятие вероятностных решений является в определенных случаях более выгодным, чем полное осуществление алгоритмического процесса. Одной из моделей таких задач является следующая. Представим себе, что действие A надо произвести тогда и только тогда, когда у некоторого предмета x имеются признаки a , b и c , т. е. имеет место ситуация $a(x) \& b(x) \& c(x) \leftrightarrow A$ ¹⁰¹. Чтобы определить, следует ли применять к предмету действие A , надо проверить наличие у него всех трех признаков, причем порядок проверки может быть задан некоторым алгоритмом. Как известно из практики, зная алгоритм решения задачи, люди, однако, часто не производят проверки всех признаков, а проверяют лишь часть из них. Чем больше вероятность того, что вслед за признаками, допустим, a и b последует признак c , тем меньше риска производить действие A на основе проверки всего лишь двух признаков вместо трех. Но целесообразность вероятностного решения (если есть признаки a и b , то, вероятно, есть и признак c и, следовательно, вероятно, надо производить действие A) зависит не только от того, какова вероятность наличия признака c , если имеются признаки a и b , но и от цены ошибки, если признака c не окажется и действие A производить не следовало бы. Если цена ошибки невелика (например, если цена ошибки меньше цены времени, затрачиваемого на выполнение операции по проверке признака c), то выгоднее принимать вероятностное решение, основанное на проверке лишь части признаков. Но если цена ошибки велика, то выгоднее проверять все признаки, т. е. выполнять все операции, предписываемые алгоритмом. Хотя решение вопроса о том, выполнять ли все операции алгоритма или же принимать вероятностное решение, осуществляется обычно интуитивно, в принципе вполне возможно построить математические критерии, которые, учитывая вероятность ошибки при вероятностном решении, цену ошибки и экономию, получаемую от неполного выполнения алгоритма, покажут, в каких случаях выгоднее действовать по алгоритму, осуществляя все операции, им предписываемые, а в каких целесообразно принимать вероятностное решение, связанное с осуществлением только части операций.

В основе критерия должно лежать следующее соотношение. Обозначим символом $p(ош)$ вероятность (частоту) ошибки при вероятностном решении; символом $v(ош)$ — цену ошибки при вероятностном решении (в некоторых условных единицах); символом $g(s)$ — цену экономии (времени и средств), получаемой при решении каждой задачи от того, что алгоритм выполняется не полностью ($g(s)$ — это цена экономии от того, что выполняются не все операции алгоритма). Тогда очевидно, что вероятностное решение выгоднее при условии, что $p(ош) \cdot v(ош) \leq g(s)$ и невыгодно, если наоборот. Если обозначить высказывание «вероятностное решение выгодно» буквой B , то сказанное можно записать в виде следующих формул:

$$(p(ош) \cdot v(ош) \leq g(s)) \rightarrow B. \quad (4)$$

$$(p(ош) \cdot v(ош) > g(s)) \rightarrow \bar{B}^{102} \quad (5)$$

¹⁰⁰ Часто человек гипотез не строит, а просто производит различные пробы, сопоставляя их результаты с какими-то критериями или оценкой других людей.

¹⁰¹ Знак $\&$ обозначает логический союз **и**, двойные стрелки \leftrightarrow означают **если и только если ...**, то. Более систематически знаки символической логики будут введены и пояснены ниже, в главах VII и VIII.

¹⁰² Черточка над буквой — знак отрицания соответствующего высказывания (\bar{B} означает: «не- B », т. е. «неверно».

Смысл формул легко понять на следующем примере. Возьмем ту же ситуацию, когда для осуществления действия A необходимо проверить у предмета наличие трех признаков a , b и c . Действие A выполняется тогда, и только тогда, когда у предмета имеются все три признака $a(x) \& b(x) \& c(x) \leftrightarrow A$.

Проверка трех признаков требует соответственно трех операций. При выполнении всех трех операций задача решается безошибочно и решающий никаких потерь не несет. Допустим, однако, что проверка признака c является дорогой или сложной процедурой (с такими случаями мы часто встречаемся при решении задач на распознавание, например: при необходимости определить химический состав вещества, при необходимости найти неисправность в машине или приборе, при необходимости поставить диагноз болезни и т. п.). Возникает вопрос: не целесообразней ли вместо осуществления алгоритма, т. е. вместо проверки в нашем примере всех трех признаков, действовать на основе вероятностного решения, проверяя всего два признака, скажем a и b ? Ответ на этот вопрос зависит от вероятности ошибки, цены ошибки и выгоды, которая получится от того, что человек в процессе решения задачи будет производить на одну операцию меньше. Допустим, что вероятность ошибки p ($ош$) равна 0,3 (это значит, что, проверяя у предмета вместо трех всего два признака, человек ошибется в трех случаях из десяти); цена ошибки v ($ош$) равна 2 усл. ед.; выгода g (s), получаемая оттого, что человек в процессе решения задачи проверяет на одну операцию меньше, равна 1 усл. ед. Теперь легко сравнить потери, которые человек несет при вероятностном решении, и выгоду, которую он при этом получает. Если потери меньше выгоды, то осуществлять вероятностное решение целесообразно, если больше, то нецелесообразно. Потери при вероятностном решении равны в среднем $p(ош) - v(ош) = 0,3 \times 2 = 0,6$ усл. ед. Выгода же, которая получается при вероятностном решении, равна 1 усл. ед. Так как 0,6 меньше, чем 1, то из формулы (4) видно, что осуществлять вероятностное решение при данных условиях выгоднее, чем действовать по алгоритму. При других условиях (например, если бы $g(s)$ было равно 0,5) решать задачу было бы целесообразнее по алгоритму.

Заметим, что вообще могут быть различные степени «вероятностности» решения; при этом степень «вероятностности» не связана прямо с количеством проверяемых признаков (точнее, их долей среди всех признаков, которые рассматриваются). Так, в одних случаях проверка одного признака из трех может обеспечить большую вероятность правильного решения, чем в других случаях проверка двух признаков из трех. Вероятность правильного решения зависит не столько от количества проверяемых признаков, сколько от характера их связей и, отсюда, вероятностей того, что при наличии у предмета одних определенных признаков у него имеются и другие признаки, т. е., в конечном счете, от того, какой вклад вносит проверка того или иного признака в принятие правильного решения.

Надо отметить также, что принятие решений на основе вероятностных критериев и оценок имеет место не только тогда, когда человеку известен алгоритм решения задачи, но по определенным причинам ему по алгоритму действовать нецелесообразно; вероятностные механизмы лежат в основе решений и таких задач, для которых алгоритма не существует или он неизвестен. В этих условиях выбор действий из некоторого множества возможных действий (A, B, C, \dots, N) может определяться только вероятностной оценкой их успешности, вероятностным прогнозированием их результатов. Очевидно, из всех возможных действий человек в первую очередь выбирает такие, которые могут привести к решению задачи с наибольшей вероятностью¹⁰³. На обычном языке часто говорят, что человек и н т у и т и в н о чувствует, как ему лучше поступить, какое действие целесообразнее произвести¹⁰⁴.

Вероятностные оценки могут, таким образом, касаться как оценок ситуаций и их отдельных признаков, так и оценок собственных действий с точки зрения успешности достижения посредством них цели. Можно думать, что вероятностные механизмы мышления являются более универсальными, чем механизмы, в основе которых лежат строго детерминированные процессы. В этом смысле строго детерминированные процессы можно рассматривать как частный случай вероятностных процессов, а именно такой частный случай, где вероятность успешности различных действий равна либо единице, либо нулю.

Как показывают некоторые данные (см., например, работу Б. И. Додонова [610]), вероятностная

что В»).

¹⁰³ Действия, которые основаны на вероятностной оценке их результатов можно было бы назвать «вероятностными действиями» или «вероятностными ходами». Говоря о вероятностных оценках возможных (ожидаемых) результатов таких действий, мы здесь не имеем в виду оценку таких результатов определенным числом (скажем, действие A в некоторой ситуации приводит к успеху с вероятностью 0,6, действие B — с вероятностью 0,2 и т. д.). Вероятностная оценка чаще всего выступает в форме ожидания, которое может иметь различную силу, в форме чувства уверенности, которое может иметь различные степени, и некоторых других «чувств», сила и степень которых служит своеобразным отражением степени вероятности результатов определенных действий.

¹⁰⁴ Понятие интуиции очень неоднозначно. Этим словом в науке и в обыденной речи часто обозначают самые разные явления. «Действие по интуиции» может означать и действие на основе неосознаваемых признаков, и действие на основе вероятностной оценки ожидаемых результатов действия, и некоторые другие процессы. Рассматривая решения, принимаемые на основе интуиции, обычно необходимо учитывать природу того процесса, который лежит в основе интуиции.

оценка ситуации¹⁰⁵ часто предшествует детальному ее анализу на основе известных человеку теоретических положений; более того, вероятностная оценка направляет этот анализ по определенному руслу.

В психологии и педагогике имеются факты, которые показывают, что вероятностными механизмами мышления можно определенным образом управлять, формируя у человека те вероятностные оценки и действия, которые нужны для решения задач. Большой интерес в связи с этим представляет работа А. Г. Вишнепольской [559], [560], которая показала, как, изменяя частотность орфограмм, даваемых учащимся для письма, можно произвольно менять тенденцию к тому или иному типу ошибок.

По данным А. Г. Вишнепольской, безударное *о* встречается в русском языке в два с лишним раза чаще, чем безударное *а*. Примерно таково же отношение частот безударного *е* и безударного *и*. Количество слов с приставкой *при-*, встречающихся детям в текстах художественных произведений, почти вчетверо превышает количество слов с приставкой *пре-*. В результате такого соотношения указанных орфограмм у детей вырабатывается тенденция во всех сомнительных случаях, когда нет возможности опереться на правило (и когда, следовательно, надо принимать вероятностное решение. — Л. Л.), писать ту орфограмму, которая преобладает в нашей лексике. Там, где слышится безударное *а* — *о*, учащиеся пишут *о*, где *е* — *и* пишут *е*, где *пре* *при-* пишут *при-*. Часто дети это правило абсолютизируют. Характер «тенденции» можно, однако, изменить, диктуя учащимся тексты, где соотношение перечисленных орфограмм будет обратным. Соответственно изменяется и тип ошибок.

Мы рассмотрели случаи, когда для решения тех или иных классов задач можно построить алгоритмы (алгоритмические предписания), но решать эти задачи посредством алгоритмов нецелесообразно. Прежде чем перейти к подробному рассмотрению задач, которые не только можно, но и целесообразно — а во многих случаях и необходимо — решать посредством алгоритмов, поставим следующий вопрос: если некоторые задачи целесообразно решать посредством алгоритмов, то вытекает ли из этого, что этим алгоритмам всегда целесообразно специально обучать? Если нет, то каковы условия целесообразности обучения алгоритмам? Остановимся на этом вопросе более подробно.

§ 2. УСЛОВИЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ОБУЧЕНИЯ АЛГОРИТМАМ

Чтобы ответить на поставленный вопрос, рассмотрим способы, которыми можно научить человека решать задачи, для которых существует алгоритм и которые невозможно решить, не осуществив алгоритмического процесса.

Может быть по крайней мере пять способов научить человека решать такие задачи:

- 1) обучать алгоритмам решения;
- 2) обучать алгоритмам поиска алгоритмов¹⁰⁶;
- 3) обучать общим методам поиска неалгоритмического характера;
- 4) обучать отдельным правилам действий, указывая учащимся, какие операции **м о ж н о** применять в процессе решения;
- 5) не обучать ни алгоритмам, ни методам неалгоритмического характера, ни правилам, а ставить человека в проблемную ситуацию, сталкивать его с задачами, рассчитывая на совершенно самостоятельное нахождение (открытие) алгоритмического процесса (алгоритмической процедуры) в ходе самонаучения¹⁰⁷.

Поясним особенности каждого из этих способов на примере. Возьмем для простоты случай, когда надо научить учащегося включать некоторый прибор или машину, для чего необходимо осуществить определенную алгоритмическую процедуру. Чтобы не вводить в рассмотрение новых ситуаций, видоизменим несколько пример, который мы рассматривали в разделе I (стр. 71).

Пусть перед учащимся имеется некоторая панель, на которой находятся кнопки *а*, *б*, *с*, тумблер *е*,

¹⁰⁵ Б. И. Додонов называет ее оценкой на основе непосредственных практических обобщений, но смысл ее, как нам представляется, состоит в том, что она носит вероятностный характер.

¹⁰⁶ Обучение алгоритмам решения и поиска алгоритмов решения и формирование алгоритмических процессов может осуществляться в двух формах: в форме сообщения учащимся алгоритмического предписания и в форме показа, как надо в определенных условиях действовать (показ обращен к способности человека научиться путем подражания, при этом часто происходит осознание тех действий, которые он усваивает путем подражания, и формулирование их «для себя» в виде определенного предписания). Часто эти формы определенным образом сочетаются. Однако для нас в данной связи несущественна форма, в которой происходит обучение алгоритмам и формирование алгоритмических процессов. Для нас сейчас важно, стоит ли перед преподавателем задача обучения алгоритмам и формирования алгоритмических процессов как специальная задача или не стоит.

¹⁰⁷ Если этот алгоритмический процесс осознается и формулируется (хотя бы для себя) в виде некоторой системы правил или указаний о том, как надо в определенных условиях действовать, то можно говорить о нахождении учеником не только требуемого алгоритмического процесса, но и соответствующего алгоритма-предписания.

ручка f и лампочки m (прибор неисправен) и n (прибор исправен). Пусть для включения прибора и проверки его исправности требуется осуществить следующую алгоритмическую процедуру:

- 1) поставить тумблер e в верхнее положение;
- 2) повернуть ручку f вправо;
- 3) нажать кнопку a ;
- 4) нажать кнопку b ;
- 5) проверить, какая из лампочек загорится.

Если загорится лампочка m (прибор неисправен), то повернуть ручку f влево (выключить прибор) и позвать мастера. Если загорится лампочка n (прибор исправен и включен), то нажать кнопку c и начать работу с прибором.

П е р в ы й способ обучения состоит в прямом формировании у учащегося требуемого алгоритмического процесса путем сообщения ему правил пользования прибором или показа, как им надо пользоваться. В результате тренировки в применении правил или образца действий учащийся овладеет алгоритмом, представляющим собой алгоритм решения задачи включения прибора и проверки его исправности¹⁰⁸.

В т о р о й способ обучения состоит в том, чтобы, не сообщая учащемуся алгоритма решения, вооружить его некоторым алгоритмом поиска (проб), указав, например, что и в какой последовательности надо пытаться сделать с прибором, чтобы найти неизвестные правила его включения и проверки исправности (т. е. открыть алгоритм решения). В этом алгоритме могли бы быть даны, например, указания такого рода: попробуй сначала нажать кнопку a , а потом кнопку b ; если ничего не получится, попробуй сначала поставить тумблер e в верхнее положение, а потом нажать кнопку a и т. п. В алгоритме поиска алгоритма должны быть предусмотрены все возможные операции и их последовательности. Осуществив эти операции, учащийся обязательно откроет, какая из последовательностей операций ведет к цели, т. е. откроет алгоритм решения, который он затем сможет применять к любому прибору данной конструкции.

Т р е т ь й возможный способ обучения состоит в том, чтобы, не сообщая учащемуся ни алгоритма решения, ни алгоритма поиска алгоритма, вооружить его некоторым методом неалгоритмического характера, т. е. методом, который включает в себя указания, содержащие ту или иную неопределенность, однако такие, что на основе их возможно открытие алгоритма решения. Эти указания могут быть, например, такими: «определи назначение элементов прибора, находящихся на наружной панели»; «испытай различные последовательности действий с ними» и т. п. Очевидно, что указания подобного рода являются неалгоритмическими.

Если, пользуясь алгоритмом поиска, учащийся обязательно рано или поздно откроет алгоритм решения, то, руководствуясь подобным методом, он алгоритм откроет не обязательно. Указания, аналогичные вышеприведенному, не однозначно определяют характер операций и, будучи в той или иной степени неопределенными, не детерминируют полностью действий учащегося. Выполняя эти указания, он должен проявлять самостоятельность, может быть, даже творчество, сам отыскивая те операции, которые надо произвести, чтобы реализовать указания и решить задачу. И вполне возможно, что, выполняя указания, учащийся не «додумается» до каких-то нужных операций, не заметит какого-то важного элемента прибора, находящегося на панели, не испытает какой-то последовательности операций (как раз ведущей к цели) и т. д. Это и послужит причиной того, что он алгоритма не откроет и задачи не решит.

Ч е т в е р т ы й возможный способ обучения состоит в том, чтобы сообщить учащемуся правила действий, которые можно производить с объектом для нахождения решения, не сообщая ему той последовательности действий, которая с необходимостью ведет к решению. Это правила такого, например, типа: можно нажать кнопку a , можно нажать кнопку b , можно повернуть ручку вправо и т. п.

Ярким примером такого рода правил являются правила игры в шахматы¹⁰⁹. Правила игры в шахматы указывают, как можно ходить, чтобы выиграть партию (при этом каждое правило задается точно: конем ходят так-то, слоном так-то и т. д.), но не указывают, как надо ходить, чтобы ее выиграть¹¹⁰. Аналогичный характер имеют

¹⁰⁸ Говоря об овладении алгоритмом, мы всюду имеем в виду не выучивание алгоритмического предписания как такового, а овладение соответствующими алгоритмическими операциями, т. е. формирование умения осуществлять алгоритмический процесс. В этом смысле овладение (и владение) алгоритмом следует отличать от знания алгоритма, которое представляет собой знание алгоритмического предписания, но не обязательно включает в себя владение соответствующим алгоритмическим процессом. Более подробно, однако, об этом будет сказано ниже.

¹⁰⁹ Если учить умению включать прибор путем сообщения человеку такого, ода правил неразумно, то во многих других случаях такой путь является вполне разумным.

¹¹⁰ На различие этих правил в психологическом и логическом плане указывает, в частности, П. А. Шеварев [841].

также многие другие правила (например, такой характер могут носить правила, относящиеся к действиям, которые можно применять при доказательстве теорем). Все эти правила задаются не в виде алгоритма, а в виде некоторого исчисления¹¹¹.

Разница между алгоритмом и исчислением состоит в том, что если алгоритм указывает, что надо делать, чтобы решить задачу, то исчисление указывает, что можно делать, чтобы ее решить. Алгоритм — свод предписаний и правил, исчисление же — свод разрешающих правил¹¹². Применяя правила некоторого исчисления к исходным объектам исчисления, мы порожаем новые объекты. Например, при игре в шахматы (которую можно рассматривать в качестве исчисления), применяя определенные правила (разрешенные ходы) к определенным ситуациям, мы порожаем из одних ситуаций другие, при решении геометрических задач мы порожаем из одних геометрических предложений и конструкций другие предложения и конструкции и т. д. Поскольку исчисление включает в себя разрешающие, а не предписывающие правила, разные люди могут применять к одной и той же ситуации различные правила и тем самым порождать из одной и той же исходной ситуации различные ситуации. Именно это и имеет место при различных стратегиях шахматной игры, при различных способах доказательства теорем и в других случаях. Очевидно, исчисление можно превратить в алгоритм, если задать строгую последовательность применения правил. Это, однако, во многих случаях делать нецелесообразно.

Пятый возможный способ обучения состоит в том, чтобы, не сообщая учащемуся ни алгоритма, ни неалгоритмического метода, ни правил о возможных действиях, поставить его в проблемную ситуацию, столкнуть его с задачей, рассчитывая на совершенно самостоятельное открытие алгоритмической процедуры в ходе самонаучения. Если человек не знает ни алгоритма решения, ни алгоритма поиска алгоритма, ни метода решения неалгоритмического характера, ни правил, говорящих о возможных (разрешенных) действиях, то перед ним остается единственный путь: самостоятельно открыть алгоритмическую процедуру (и алгоритм); этот путь есть путь проб действий и анализа их результатов¹¹³. Если пробы будут удачными, учащийся откроет алгоритмическую процедуру (или также алгоритм-предписание), если неудачными, то не откроет. Гарантии успеха, как и в двух предыдущих случаях, здесь нет.

Задач, которые нельзя решить, не осуществив определенной алгоритмической процедуры, перед человеком, как мы уже говорили, возникает огромное множество. Чему же именно надо его учить, чтобы он умел эти задачи решать?

Прежде всего, его надо учить умению осуществлять поисковые пробы и в ходе этих проб самостоятельно приходить к решению задач и открывать, когда это возможно, соответствующие алгоритмы. Обучение пробам предполагает выработку большого арсенала действий, формирование разнообразных связей (ассоциаций) между ними, обобщений, обеспечивающих перенос знаний и действий из одной области в другую, умение переходить от действия к действию, если предыдущая проба оказалась неудачной, и некоторые другие операции и умения. Умения производить пробы лежат в основе любого научного и практического эксперимента, любых научных и художественных открытий, в основе всякой творческой деятельности.

Далее, человека очень важно учить общим методам неалгоритмического характера. Эти методы могут иметь различную степень общности, и на основе каждого из них можно решать — если метод достаточно общий — разнообразные задачи из различных областей. Человек должен владеть разными методами, причем методами разных степеней общности, и, при необходимости решить задачу, уметь определить, какой из них применить. Часто при этом существенным является умение выбрать метод, который является наименее общим и который поэтому максимально суживает сферу поиска решения, область проб.

Умение находить решение задачи путем проб и умение выбирать правильные методы решения (имеются в виду методы неалгоритмического характера) позволяют решать задачи, когда алгоритм решения неизвестен; эти умения необходимы и для самостоятельного открытия алгоритмов; обучение им — важнейшая задача школы.

Что касается того, следует ли учить учащихся определенным алгоритмам, формировать у них конкретные алгоритмические процессы для решения тех или иных типов задач, то положительный или

¹¹¹ Не останавливаясь подробно на понятии исчисления, отсылаем читателя к статье С. А. Яновской [184].

¹¹² Ср. В. А. Успенский [166].

¹¹³ Пробы были необходимы и в двух предыдущих случаях, но там они определенным образом направлялись, детерминировались правилами, относящимися к возможным действиям (эти правила содержались в соответствующих методах неалгоритмического характера, которые учащимся сообщались). В последнем же случае пробы ничем внешне не детерминируются, они могут направляться лишь знаниями и опытом человека. Заметим, что если в предыдущих двух случаях пробы детерминировались внешними указаниями не полностью, то в случае, когда человек руководствуется в своих действиях алгоритмом поиска (второй способ обучения), его действия детерминируются алгоритмическим предписанием полностью.

отрицательный ответ на этот вопрос зависит от ряда факторов, которые в каждом случае надо специально учитывать, анализировать и оценивать.

Исходя из того, что любой алгоритм всегда является методом решения конкретного класса задач и вне этого класса неприменим, надо прежде всего оценить *з н а ч и м о с т ь* тех задач, которые будут посредством алгоритма решаться. Если эти задачи не имеют большого научного, практического или общеобразовательного значения, то, очевидно, нет смысла тратить время на то, чтобы обучать учащихся алгоритмам их решения.

Если же эти задачи в том или ином отношении значимы, то на решение вопроса о целесообразности обучения алгоритмам влияет *с л о ж н о с т ь а л г о р и т м а*. Если алгоритм очень сложен, а на основе некоторого метода неалгоритмического характера или посредством поисковых проб решить задачу легче, то, очевидно, в этих случаях нет смысла учить алгоритмам. Время и энергия, затраченные на обучение алгоритмам, не оправдают себя. В некоторых случаях алгоритмы бывают столь сложны, что, как мы уже говорили, их практически невозможно применять. Следовательно, одним из условий целесообразности обучения алгоритмам является их невысокая сложность.

Однако и это условие является недостаточным. Чтобы алгоритмам было целесообразно учить, надо, чтобы задачи, которые будут решаться посредством этих алгоритмов, *в с т р е ч а л и с ь д о с т а т о ч н о* часто. Так, например, если время, затраченное на формирование алгоритмического процесса, будет большим, а задачи, которые посредством него придется решать, будут встречаться редко (причем суммарное время, затрачиваемое на решение задач путем поисковых проб, будет меньше времени, затраченного на обучение алгоритму и решению задач по алгоритму), то, очевидно, обучать алгоритмам решения таких задач нецелесообразно.

Сказанное, однако, справедливо только при том условии, что нерешение, ошибочное решение или затраты времени на самостоятельный поиск решения *н е п р и н о с я т б о л ь ш о г о в р е д а*¹¹⁴. Это видно из следующего примера. Возьмем две задачи, первая из которых, допустим, грамматическая задача на написание окончания существительных, и вторая — производственная задача по управлению некоторым агрегатом. Если человек, не зная грамматического алгоритма, долго будет думать над грамматической задачей или ошибется, неправильно написав букву в конце слова, это, как правило, вряд ли приведет к каким-либо серьезным последствиям. Если же, не зная алгоритма, он долго будет пробовать различные варианты управления процессом производства или ошибется, превысив, например, допустимое давление в агрегате, то вред от этого может быть очень большим. Цена нерешения задачи, долгого поиска решения или ошибочного решения может быть, следовательно, в разных случаях разной. Вот почему, принимая решение о том, целесообразно ли учить человека тому или иному алгоритму, важно учитывать не только количество задач, которые придется решать посредством алгоритма, но и цену нерешения задачи, долгого поиска решения, а также ошибочного решения, вероятность чего всегда имеется, если решать задачу, не зная алгоритма.

Говоря об условиях, влияющих на целесообразность или нецелесообразность обучения человека тому или иному алгоритму, мы указывали на такие факторы, как сложность алгоритма, количество задач, которые должны решаться посредством этого алгоритма, степень вреда, который приносит нерешение или ошибочное решение задачи в случае незнания алгоритма. Но чтобы учет этих факторов мог служить основанием для принятия решения о целесообразности обучения тем или иным конкретным алгоритмам, надо эти факторы как-то количественно оценить и соотнести между собой. Задача эта весьма трудна, и в настоящее время можно говорить лишь о подходах к ее решению. Однако приближенные оценки этих факторов можно в отдельных случаях получить уже сегодня. Располагая такими оценками, можно предложить критерий (также, конечно, достаточно приближенный) для оценки целесообразности обучения алгоритмам в тех или иных условиях. Построение такого критерия можно представить себе следующим образом.

Допустим, мы имеем дело с задачами, где потери от неумения решить задачу или ошибочного ее решения невелики и ими можно пренебречь (это имеет место, например, при решении грамматических и некоторых других задач в школе). Поскольку в этом случае можно не оценивать потери, проистекающие от неумения решить задачу или от ошибочного ее решения, определение целесообразности или нецелесообразности обучения алгоритмам можно производить, например, на основе сравнительной оценки среднего времени, затрачиваемого на решение

¹¹⁴ Мы говорили выше, что незнание алгоритма решения задачи и необходимость вследствие этого решать задачу путем поисковых проб всегда оставляет возможность нерешения или неправильного решения задачи. Ясно также, что решение задачи по алгоритму (если он не очень сложный) требует меньше времени, чем ее решение без алгоритма. Вероятность нерешения задачи, долгого поиска решения или ошибочного решения тем выше, чем труднее задача.

задач при условии, что учащихся специально обучают алгоритму, и при условии, что такого обучения не производят и учащиеся должны самостоятельно открывать алгоритмическую процедуру в ходе поисковых проб; качество решения задач при этом предполагается одинаковым, как, впрочем, и другие условия.

Поясним сказанное следующим образом. Предположим, что ученика (или учащихся) надо научить решать грамматические задачи некоторого типа. Сделать это можно либо путем обучения учащихся алгоритму решения этих задач, либо каким-то другим способом, который специальное обучение алгоритму не предполагает и рассчитан на то, что ученики в процессе практического решения задач сами найдут (откроют) нужную алгоритмическую процедуру. Опыт показывает, что часть учащихся нужные алгоритмические процедуры действительно открывает, но процесс этого открытия зачастую бывает весьма длительным и мучительным, ведущим к цели через большое количество ошибок. При этом учащиеся приходят к недостаточно общим процедурам, что ведет к ошибкам в письме, с которыми учителя во многих случаях долго (и часто безуспешно) борются. Зададимся целью приблизительно оценить целесообразность (или нецелесообразность) обучения учащихся алгоритмам в указанных условиях. Для этого обозначим:

буквой n — среднее количество задач данного типа, которые ученик решает за время обучения в школе (как в ходе изучения соответствующей грамматической темы, так и в последующем)¹¹⁵,

буквой a — среднее количество задач данного типа, которые ученик решает до момента самостоятельного нахождения (открытия) алгоритмической процедуры;

буквой t_x — среднее время, которое в соответствии с программой затрачивает ученик на такое изучение материала, при котором алгоритму не обучают¹¹⁶;

буквой t_2 — среднее время, которое затрачивает ученик на исправление ошибок и дополнительное изучение темы при условии, что алгоритму не обучали;

буквой s — среднее время, которое затрачивает ученик на решение одной задачи без знания алгоритма;

буквой g_x — среднее время, которое затрачивает ученик на такое изучение материала, при котором алгоритму обучают¹¹⁷;

буквой g_2 — среднее время, которое затрачивает ученик на исправление ошибок и дополнительное изучение темы при условии, что алгоритму обучают;

буквой p — среднее время, которое затрачивает ученик на решение одной задачи с помощью алгоритма, которому его обучали, или алгоритмической процедуры, которую он сам нашел (открыл).

Рассмотрим случай, когда ученика алгоритму не обучают. Тогда среднее время, которое затрачивается на усвоение темы и решение задач, будет равно:

$$t_1 + t_2 + a \cdot s + (n - a) \cdot p^{118}. \quad (6)$$

Смысл этой формулы можно пояснить следующим образом. Время t_1 затрачивается учеником на изучение материала в соответствии с программой. Так как после изучения материала (и решения определенного количества задач) ученик еще нередко допускает ошибки, то время t_2 уходит на исправление ошибок, повторение темы, дополнительное ее изучение и т. д. Общие затраты времени на основное и дополнительное изучение материала равны, таким образом, $t_1 + t_2$. Поскольку ученика в рассматриваемом случае алгоритму решения соответствующих грамматических задач не обучают, то а задач ученик решает без знания алгоритма, затрачивая на это время $a \cdot s$. Если ученик в процессе решения этих задач самостоятельно откроет алгоритмическую процедуру, то оставшиеся $n - a$ задач он уже решает посредством этой процедуры, затрачивая на это время $(n - a) \cdot p$. Итак, общие затраты времени на усвоение материала и решение задач в случае, когда ученика алгоритму не обучают, равны $t_1 + t_2 + a \cdot s + (n - a) \cdot p^{119}$.

Рассмотрим случай, когда ученика алгоритму обучают. Тогда среднее время, которое затрачивается на усвоение материала и решение задач, будет равно:

¹¹⁵ Все рассуждения здесь и далее ведутся в расчете на ученика в среднем.

¹¹⁶ В понятие изучения материала здесь не включаются специальные тренировочные упражнения в решении задач; время, затрачиваемое на решение этих задач, учитывается специально.

¹¹⁷ Говоря об обучении алгоритмам, мы имеем в виду не просто сообщение учащимся алгоритмов в готовом виде, но также обучение самостоятельному их построению (открытию). При этом условии влияние такого обучения на развитие самостоятельного творческого мышления учащихся, их общих умственных способностей будет не меньше, чем влияние обучения, при котором учащихся алгоритмам не обучают и они вынуждены открывать их совершенно самостоятельно. Более того, в ряде случаев влияние такого обучения на развитие самостоятельного творческого мышления учащихся будет больше, так как любое специально организованное обучение (и воспитание) в общем случае более эффективно, чем стихийное.

¹¹⁸ Предполагается, что обучение ведется до тех пор, пока ученик не научится решать задачи соответствующего типа безошибочно или не достигнет некоторого заданного уровня, т. е. до тех пор, пока разные учащиеся не придут к примерно одинаковым результатам. Однако расчет можно вести, интересуясь не различием во времени, требуемом для достижения одинаковых результатов обучения, а различием в количестве ошибок, которые допускают учащиеся при различных методах обучения, но одинаковых затратах времени на обучение. Можно оценивать результаты обучения и по некоторым другим параметрам.

¹¹⁹ Если ученик в процессе решения задач самостоятельно алгоритм не открыл, то $n - a = 0$ и формула (6) приобретает вид $t_1 + t_2 + a \cdot s$, где $a = n$.

$$g_1 + g_2 + n \cdot p. \quad (7)$$

Если обозначить буквой A высказывание «учить алгоритму целесообразно» и той же буквой с черточкой (\bar{A}) высказывание «учить алгоритму нецелесообразно», то тогда основные стратегии обучения интересующим нас методам можно записать так:

$$(t_1 + t_2 + a \cdot s + (n - a) \cdot p \geq g_1 + g_2 + n \cdot p) \rightarrow A. \quad (8)$$

$$(t_1 + t_2 + a \cdot s + (n - a) \cdot p < g_1 + g_2 + n \cdot p) \rightarrow \bar{A}.^{120} \quad (9)$$

Общий смысл этих формул легко понять. Если общие затраты времени на обучение учащихся алгоритмам и последующее решение задач по алгоритмам меньше общих затрат времени на «неалгоритмическое» обучение и последующее решение задач без знания алгоритма (при условии одинаковых результатов обучения), то алгоритмам учить целесообразно. Если больше, то нецелесообразно.

Мы всюду исходили здесь из оптимистической гипотезы, что учащиеся научаются правильно решать задачи даже в том случае, когда их алгоритму не обучают. Однако такое предположение оправдывается далеко не всегда. Очень часто учащимся не удается открыть хорошего и достаточно общего алгоритма; нередко, например, они так и не научаются достаточно грамотно писать. В последнем случае при определении стратегии обучения надо учитывать не только среднее время, которое затрачивается на обучение по той или иной стратегии, но и качество усвоения, которое достигается при обучении по каждой из стратегий. Соответственно надо изменить вышеприведенные формулы, учтя в них цену потерь, которые получаются в результате более низкого качества усвоения, т. е. цену ошибок, которые учащиеся будут делать после окончания курса обучения. (Так как цену потерь от ошибок нельзя выразить через затраты времени, а затраты времени можно выразить в некоторых «ценах потерь», то величины, характеризующие затраты времени, в этом случае придется заменить величинами, выражающими эти затраты в «ценах потерь».)

Возникает вопрос: не следует ли из того факта, что люди, владеющие алгоритмом решения определенного класса задач, часто решают их не посредством алгоритмического процесса, а на основе интуиции, путем принятия вероятностных решений и т. п., что алгоритмам вообще нецелесообразно учить? На этот вопрос надо ответить отрицательно: и не только потому, что существует большое количество задач, которые целесообразно решать посредством алгоритмических процедур, но и потому, что решение задач таким путем является одним из условий формирования самой интуиции.

Ведь для того чтобы сформировать хорошую, правильную интуицию, обычно необходимо сначала решать задачи на основе хороших методов, в частности посредством применения алгоритмов. Чем человек лучше овладел алгоритмом решения задач, тем быстрее он может от него «отказаться» (хотя бы частично), тем более правильными и надежными будут его вероятностные решения. Говоря другими словами, овладение алгоритмами является одним из условий формирования интуиции. Интуиция у человека будет развита тем лучше, чем более строгие и точные методы лежат в ее основе, чем больше у него будет опыта правильных решений. А этот опыт формируется успешнее всего в ходе решения задач на основе точных методов.

Главный вывод, который вытекает из рассмотренных в этом параграфе проблем, состоит в том, что вопрос о целесообразности или нецелесообразности обучения тем или иным алгоритмам не может решаться априорно. Это всегда некоторая задача, которая должна быть решена на основе расчета, предполагающего учет определенной совокупности факторов и ту или иную их оценку. Методы расчета в настоящее время применяют (или стремятся применять) во всех областях человеческой практики, где стоит задача выбора одного способа действий (наилучшего в каком-то отношении) из некоторого множества возможных. Задача определения целесообразности обучения алгоритмам должна рассматриваться как задача на выбор оптимального решения; поэтому она относится к задачам такого типа, которые в настоящее время изучаются группой математических дисциплин, объединяемых под общим названием «исследования операций»¹²¹. Одна из целей дальнейшей работы в этой области должна поэтому состоять в том, чтобы поставить задачу установления целесообразности обучения алгоритмам как задачу исследования операций, для чего необходимо выявить все (или по крайней мере основные) факторы, влияющие на целесообразность или нецелесообразность обучения алгоритмам и разработать методы их точной количественной оценки.

¹²⁰ Эти формулы говорят о том, что в педагогике, как и в других науках, возможна постановка вопроса о количественной оценке (хотя бы весьма приближенной) оптимальности тех или иных стратегий обучения и о выборе стратегий на основе определенных расчетов. По-видимому, в ближайшее время трудно ожидать того, чтобы методы расчета стратегий обучения в педагогике стали такими же точными, как в некоторых других областях человеческой деятельности; однако определенные количественные обоснования стратегий обучения, несомненно, возможны в педагогике уже сейчас.

¹²¹ О предмете и методах исследования операций см., например, [71], [133].

§ 1. ЗНАЧЕНИЕ ОБУЧЕНИЯ АЛГОРИТМАМ В ШКОЛЕ

Выше мы рассмотрели разные типы задач, в том числе такие, которые решать посредством алгоритмов невозможно или нецелесообразно. Мы также видели, что не всегда алгоритмам возможно и целесообразно учить, что могут быть задачи и условия, когда более целесообразно учить неалгоритмическим методам.

Перейдем теперь к рассмотрению задач, которые имеет смысл решать посредством алгоритмов, причем этим алгоритмам целесообразно также специально обучать. Это задачи (часто с неизвестным конечным результатом), которые учащимся приходится решать в большом количестве, задачи, хороший алгоритм решения которых самостоятельно открыть нелегко, а незнание алгоритма приводит к значительным трудностям в усвоении знаний и большому количеству ошибок при их применении. Таких задач в школьной практике очень много.

Если проанализировать, например, математические задачи, которые учащимся приходится решать в школе, то нетрудно заметить, что очень многие из них являются такими, которые невозможно или трудно решить, не зная соответствующих алгоритмов. Процесс их решения и состоит, собственно, в применении к условиям задачи определенного алгоритма. Умножение, деление, возведение в степень, извлечение корня, многие тождественные преобразования в алгебре, выполнение основных геометрических построений, нахождение значений тригонометрических функций по таблицам и т. п. — все это задачи, которые решаются посредством определенных алгоритмов, и по существу именно этим алгоритмам учащихся и учат (хотя все обучение, разумеется, не сводится и не должно сводиться к обучению алгоритмам). Однако алгоритмически решаемые задачи существуют не только в математике, но и в других учебных дисциплинах, причем таких задач также очень много. Для некоторых из них алгоритмы найдены, для многих же неизвестны и их предстоит открыть.

То обстоятельство, что алгоритмически решаемые задачи существуют не только в математике, имеет большое значение для практики обучения. Обычно решить задачу, алгоритм которой человеку известен, гораздо легче и проще, чем задачу, алгоритм которой неизвестен. К тому же решение по алгоритму часто является несравненно более быстрым и надежным. Представим себе, сколько времени и сил потребовалось бы человеку, чтобы разделить одно на другое два больших числа, если бы ему не был известен алгоритм деления (так, кстати, когда-то и было), и как легко и просто решается эта задача сейчас даже пятиклассником, когда алгоритм известен.

Открытие алгоритмов решения математических задач привело к коренному изменению, можно сказать к революции, в практике обучения математике: алгоритмам стали учить, и это во много раз облегчило и ускорило овладение этим предметом, а именно материалом тех его разделов (весьма многочисленных), где обучение алгоритмам занимает большое место.

Есть все основания полагать, что открытие и формулирование алгоритмов (алгоритмических предписаний) для решения задач по нематематическим предметам, для которых алгоритмы еще сегодня не открыты и не сформулированы, позволит настолько же облегчить и убыстрить процесс решения этих задач и обучение этому процессу, насколько открытие в свое время, например, алгоритма деления облегчило и убыстрило процесс деления и, соответственно, обучение умению делить.

Открытие и формулирование алгоритмов в одних случаях является весьма несложной задачей, в других же — на это уходят десятки и даже сотни лет. С простыми, несложными алгоритмическими предписаниями и алгоритмическими процессами (процедурами) мы постоянно Имеем дело в повседневной жизни. Одним из примеров может служить алгоритм пользования автоматом для продажи газированной воды. Формулирование такого алгоритма не вызывает трудностей. Он вытекает из устройства автомата и представляет собой описание для всех очевидных практических действий, поддающихся наблюдению. Хотя такой алгоритм и крайне прост, но, не зная его или не выполнив какой-либо из операций (например, не опустив монеты, не нажав кнопки и т. д.¹²²), получить необходимый результат не удастся. Не получим мы результата и в том случае, если нарушим последовательность операций, например, если сначала нажмем кнопку, а потом опустим монету. Если теперь представить себе, что человек не знает правил пользования автоматом и не видел, как им пользуются другие, то после небольшого количества проб он такие правила сможет открыть самостоятельно.

Положение, однако, коренным образом меняется, когда мы имеем дело с более трудной задачей, например с задачей научиться управлять какой-либо сложной машиной или прибором. Пробы и здесь

¹²² Одна из конструкций автомата предполагает нажатие кнопки после того, как монета опущена.

могут привести к самостоятельному открытию алгоритма, но процесс этот будет долгим, дорогостоящим, а в отдельных случаях и опасным.

Существуют такие практические задачи, для которых рациональные алгоритмы еще не найдены или найдены только в самое последнее время. К задачам последнего рода относятся, например, задачи поиска неисправности, возникающие перед наладчиками станков¹²³. Чтобы исправить вышедший из строя станок, наладчик должен прежде всего найти причину неисправности. Этих причин для каждого типа станков могут быть иногда десятки. В каком порядке наладчик должен осматривать и проверять узлы машины, чтобы выявить причину ее неисправности в кратчайшее время? До недавнего времени рациональных алгоритмов решения подобных задач не было, и наладчики исходили в своей деятельности лишь из опыта и интуиции. Однако, как показал специальный анализ, решения, основанные на опыте и интуиции, были во многих случаях далеко не оптимальными, что приводило к излишним простоям оборудования, приносящим значительные убытки. И только сравнительно недавно, на основе применения методов математики, были найдены рациональные алгоритмы решения этих задач, использование которых дает огромную экономию.

Если теперь вернуться к учебной деятельности, к процессу обучения, то здесь мы обнаружим ту же самую картину. В сравнительно простых случаях операции, которые необходимо произвести для решения тех или иных задач, известны, и им обычно обучают, не называя соответствующие предписания алгоритмами. Если же по какой-либо причине учитель и не дает учащимся нужного алгоритма, то в результате проб они обычно открывают соответствующий алгоритм сами.

Иначе обстоит дело при необходимости обучать решению более трудных задач. В этих случаях самостоятельно открывать алгоритмы (если они не открыты или не сформулированы) удастся лишь наиболее способным ученикам и наиболее опытным и талантливым учителям, причем нередко эти алгоритмы самим учителем не формулируются в виде общего предписания о порядке выполнения действий для решения всех задач данного класса. Мы уже не говорим о том, что открытые в процессе эмпирических проб и поисков алгоритмы не всегда оказываются в достаточной степени рациональными.

Трудность открытия алгоритмов умственной деятельности по сравнению с алгоритмами практической деятельности состоит, во-первых, в том, что во многих случаях неизвестны механизмы определенных видов интеллектуальной деятельности, во-вторых, в том, что многие умственные процессы внешне никак не выявлены, скрыты от наблюдения. Их поэтому труднее осознать, вычленив и описать. Это приводит к тому, что алгоритмы решения даже сравнительно простых мыслительных задач часто оказываются неизвестными ни тому, кто эти задачи учится решать, ни тому, кто их учит решать.

Можно полагать, что открытие алгоритмов решения различных типов задач по самым разным предметам даст возможность не только более быстро и успешно научить учащихся решать эти задачи, но также позволит облегчить и ускорить овладение учебным предметом в целом. Нет надобности говорить о том, как это важно в условиях современной перегрузки учащихся. Надо полагать, что обучение алгоритмам (в тех случаях, когда это целесообразно) должно занять достаточно большое место в преподавании любого предмета¹²⁴.

Однако даже в преподавании математики, где обучение алгоритмам занимает очень большое место, учебный процесс ни в коем случае не должен и не может быть сведен к обучению алгоритмам. Обучение алгоритмам — это лишь одна из задач (или сторон) процесса обучения, хотя и очень важная.

В обучении учащихся алгоритмам и в формировании у них алгоритмических процессов¹²⁵ можно идти разными путями. Один из них — давать учащимся алгоритм в готовом виде, начинать с обучения алгоритмическому предписанию. Такой путь, однако, часто не является лучшим, хотя в ряде случаев, в некоторых особых условиях обучения в целях экономии времени учащимся целесообразно давать и готовые алгоритмические предписания. Но даже и в этих условиях для сознательного усвоения и применения алгоритмов учащиеся должны хорошо разбираться в содержании того материала, с которым надо посредством алгоритма оперировать, знать соответствующие закономерности явлений, их существенные признаки и т. п. В общем же случае с педагогической точки зрения гораздо более ценно, когда ученик открывает соответствующие алгоритмы сам (если, конечно, эта задача для него посильна) или с

¹²³ Эти задачи являются частным случаем задач постановки технического диагноза.

¹²⁴ Разумеется, при наличии тех условий, о которых шла речь в предыдущей главе.

¹²⁵ Мы говорим о формировании алгоритмических процессов, так как человека умению применять алгоритмические предписания, осуществлять алгоритмические процессы тоже надо учить. Алгоритмические операции, из которых складывается выполнение алгоритмического процесса, надо в точном смысле слова *ф о р м и р о в а т ь*, *в ы р а б а т ы в а т ь*, поскольку эти операции не даны человеку от рождения, не заложены в нем в готовом виде в отличие от машин, в которых при конструировании закладывается способность выполнять определенные операции.

помощью учителя, а не получает их в готовом виде¹²⁶. Таким путем целесообразно идти не только при обучении математике, но и при обучении другим предметам, в частности грамматике. Изучение грамматического явления следует начинать не с того, чтобы давать учащимся алгоритм распознавания этого явления и оперирования им, а с ознакомления с содержательной стороной этого явления, с его особенностями, с его отношениями с другими явлениями, короче, с формирования понятия о нем. Это понятие, конечно, формируется в процессе деятельности¹²⁷, но операции, которые при этом производят учащиеся, не обязательно носят алгоритмический характер. Задача построения алгоритма распознавания явления и оперирования им может возникнуть уже в процессе изучения явления и формирования понятия о нем, но нередко она возникает как специальная задача на следующем этапе обучения, когда учащиеся уже знакомятся с содержанием явления, разберутся в его особенностях и когда надо научиться этим явлением свободно оперировать. Здесь и возникает необходимость в рациональном и эффективном алгоритме. Чем более совершенным, легким, простым будет этот алгоритм, тем легче и быстрее можно будет выработать у учащихся необходимые умения и навыки, тем будет больше возможностей освободить их сознание от необходимости думать над тем, как писать (в смысле грамотности), сосредоточив их внимание на том, что писать.

Заметим, что операции, которые осуществляются в процессе формирования понятия о некотором явлении, не обязательно совпадают с операциями, которые осуществляются в процессе приращивания этого понятия. Это объясняется, в частности, тем, что количество признаков, которое выявляется в процессе познания явления (т. е. при формировании понятия о нем), бывает обычно больше того количества признаков, на основе которых осуществляется распознавание явления. Да и сами признаки в ряде случаев различаются между собой. Понятия, которые формируются в процессе изучения явлений, и понятия, на основе которых осуществляется последующее их распознавание, это, в общем, разные, хотя и тесно связанные между собой понятия. Различие этих понятий правильно отмечено в учебнике логики под ред. Д. П. Горского и П. В. Таванца [15]. В современном логическом мышлении понятие, как указывают авторы, выполняет двоякую функцию. Первая функция понятия в мышлении состоит в том, что оно представляет собой условие для понимания суждений. Оно выполняет эту роль только тогда, когда представляет собой точную мысль о признаках предмета, отличающих данный предмет от всех других. Для этого в понятии должно быть точно фиксировано некоторое, в большинстве случаев небольшое, число признаков предмета, отличающих его от других предметов. Однако отличие предмета от других предметов есть только одна из функций понятия. Другая, не менее важная функция состоит в способности понятия отражать более или менее полный итог, сумму знаний. Понятие как итог познания предмета есть уже не простая мысль об его отличительных признаках: понятие-итог есть сложная мысль, резюмирующая длинный ряд предшествующих суждений и выводов, характеризующих существенные стороны предмета. Понятие как итог познания — это сгусток многочисленных, уже добытых знаний о предмете, сжатых в одну мысль.

В методике преподавания различных предметов, в том числе русского языка, хорошо разработан вопрос о том, как знакомить учащихся с различными явлениями, как раскрывать их существенные черты, показывать их значение, вызывать к ним интерес и т. п., т. е. как осуществлять работу, цель которой — дать учащимся определенную сумму знаний о предмете, сформировать понятие о его существенных сторонах (понятие как итог познания). Количество хороших работ, посвященных этой стороне обучения, трудно даже перечислить. В методике также хорошо разработан вопрос о том, как обучать грамматическим правилам — правилам, которые представляют собой не что иное, как определенные алгоритмы преобразования.

Значительно менее разработан вопрос о том, как формировать понятия, являющиеся основой распознавания предметов и решения задач, как, далее, на основе этих понятий строить наиболее экономные, рациональные, эффективные алгоритмы их применения (а это прежде всего алгоритмы распознавания явлений) и как этим алгоритмам обучать. Хотя многие передовые учителя в ряде случаев и учат учащихся алгоритмам распознавания (к необходимости открывать и учить таким алгоритмам толкает сама практика), но научно разработанной теории построения и обучения алгоритмам распознавания в педагогике нет. Именно поэтому обучение алгоритмам распознавания, когда оно имеет место в практике

¹²⁶ Вопрос о педагогической ценности каждого из способов обучения алгоритмам экспериментально исследован в диссертации Г. Г. Граник [241].

¹²⁷ Значение активных умственных действий для формирования понятий особенно подчеркивается в работах П. Я. Гальперина, А. Н. Леонтьева и их сотрудников ([573], [574], [581], [696] и др.). Развиваемая ими теория представляет собой теорию формирования понятий на основе действий.

преподавания, осуществляется часто неосознанно, стихийно и не всегда достаточно совершенным образом. Существенно и то, что к мысли о необходимости расчленять умственную деятельность при распознавании явлений на операции и специально этим операциям обучать учителя приходится нередко в результате многих лет работы и большого количества неудач, ошибок и эмпирических поисков. Все эти неудачи и ошибки можно было бы предотвратить и тем самым ускорить путь к педагогическому мастерству, если бы в руках учителя была определенная теория построения алгоритмов распознавания и обучения им.

В этой книге мы специально не будем касаться первого этапа изучения явлений — выявления и раскрытия их особенностей, значения и т. п. Подчеркнем только огромную важность этого этапа, отсылая читателя к имеющейся по этим вопросам литературе. Главный предмет нашего исследования — разработка некоторых вопросов построения алгоритмов распознавания для целей обучения, а также способов обучения им¹²⁸.

Может возникнуть вопрос: не приведет ли обучение алгоритмам к «шаблонизации» мышления учащихся, не возникнет ли при таком обучении опасность подавления их творческих сил («Надо воспитывать творчество, а мы учим алгоритмам!»)?

По этому поводу можно сказать следующее.

Во-первых, надо воспитывать не только творческое мышление. Огромное место в обучении занимает выработка различного рода навыков, которые должны протекать как можно более автоматизировано. Эти навыки важны не только сами по себе (без них многие виды деятельности осуществляться не могут), они — необходимый компонент любого творческого процесса. Например, ни о каком глубоком понимании и творческой переработке литературного произведения не может быть и речи, если человек плохо читает, если все силы и внимание уходят у него на прочитывание слов, на технику чтения. Никакой творческий процесс невозможен, если отдельные его звенья не автоматизированы.

Во-вторых, обучение алгоритмам ни в коей мере не сводится к овладению готовыми алгоритмами, к заучиванию их. Правильно поставленное обучение алгоритмам непременно предполагает обучение самостоятельному открытию, построению, формулированию алгоритмов, а это психологически, как правило, уже процессы творческого характера. Обучение алгоритмам может быть прекрасным средством воспитания качеств творческого мышления.

В-третьих, сказанное выше об алгоритмах не означает, что обучение алгоритмам должно заменить собой воспитание у учащихся сообразительности, догадки и вообще выработки у них умения искать решение в тех случаях, когда алгоритм отсутствует или неизвестен. Речь идет только о том, что если для каких-то задач можно построить алгоритмы, а решать эти задачи посредством алгоритмических процедур более рационально, чем каким-либо другим способом, то не пытаться находить соответствующие алгоритмы и не обучать им во многих случаях нецелесообразно. Гораздо более целесообразно этим алгоритмам специально обучать.

Сегодня многим алгоритмически решаемым задачам (возникающим, например, при обучении грамотному письму) учат «неалгоритмично». Это поглощает столько лишнего времени и сил у учащихся и учителей, что на решение задач творческого характера, на развитие высших интеллектуальных способностей времени в школе остается очень мало. Воспитанию творческого мышления угрожает не то, что обучение алгоритмам займет значительно большее место в учебном процессе, а то, что оно в настоящее время, в период бурного развития науки и техники занимает в нем еще недостаточно большое место (имеются в виду нематематические предметы).

Обучение алгоритмам необходимо еще по одной причине. Если для решения некоторой задачи требуется произвести какое-то количество последовательных операций (т. е. осуществить определенную алгоритмическую процедуру), то незнание, невыполнение или неправильное выполнение какой-

¹²⁸ Вот почему в методических разработках уроков, которые будут приведены ниже, описывается преимущественно эта сторона обучения; это, однако, ни в коей мере, как уже было сказано, не означает, будто обучение алгоритмам должно подменить собою глубокое ознакомление с содержательной стороной изучаемых явлений, с их особенностями, познавательным и практическим значением и т. д. Такая подмена была бы совершенно недопустима. Конечно, формирование знаний о содержательной стороне изучаемых явлений и обучение операциям по применению этих знаний не обязательно должны быть разделены во времени, т. е. выступать как различные по времени этапы овладения соответствующими явлениями. Они могут выступать и как стороны единого процесса, во времени не разделенные. Обучение можно построить так, что алгоритмы будут складываться по мере овладения признаками явления и никакого специального этапа формирования алгоритмов не потребуются. Именно этот путь и был преобладающим в экспериментальном обучении, ход которого будет описан ниже. Однако, как бы ни был построен процесс обучения, важно, чтобы в нем осуществлялось, когда это целесообразно, специальное обучение рациональным системам умственных операций, специальное обучение алгоритмам.

либо из этих операций ведет, как мы уже говорили, к ошибке. Если ученика этим операциям, сформулированным в виде алгоритма, научить, то он сравнительно быстро и легко овладеет правильным методом решения, правильным способом рассуждения и действий. Если же его этим операциям специально не учить, то он будет вынужден открывать их сам, вступая на путь «проб и ошибок». Но поскольку найти правильные, полные и рациональные системы операций для решения различных классов задач дело во многих случаях трудное, то естественно, что многие учащиеся не могут самостоятельно их открыть и в тех операциях, которые они производят, есть большие изъяны. Это-то и порождает трудности при усвоении знаний и ошибки в решении задач (неграмотное письмо, неверное понимание определенных вопросов, неумение действовать рациональным образом при выполнении практических заданий и т. п.).

Проводившееся нами в течение ряда лет исследование показало¹²⁹, что слабое усвоение материала, трудности учения и неуспеваемость вызваны во многих случаях тем, что учащиеся не знают или не владеют рядом важных алгоритмов, применение которых необходимо для решения задач определенных классов. Это в свою очередь связано с тем, что в соответствующих разделах педагогической науки изучению этих алгоритмов уделяется недостаточное внимание, они сформулированы не для всех классов задач (например, при изучении родного и иностранного языков), а учителя, не имея во многих случаях точной программы операций, обеспечивающих усвоение определенного материала и решение задач, этим операциям и их системам (алгоритмам) специально не обучают.

В последнее время проблема обучения учащихся умственным операциям привлекает к себе особенное внимание как психологов и дидактов, так и методистов. В многочисленных работах советских ученых¹³⁰ показано значение развития у учащихся логического мышления и раскрыты способы воспитания его отдельных приемов; этому посвящены работы и многих учителей¹³¹.

Когда методика, психология и дидактика указывают не только отдельные приемы мышления, но и то или иное их сочетание, необходимое для усвоения знаний или решения определенных задач, соотнося эти приемы с условиями, в которых их надо применять, то они обычно формулируют не что иное, как определенные алгоритмические предписания.

В чем, однако, недостаток разработки этой стороны обучения в ряде методических и дидактических исследований?

Он выражается в том, что процесс мыслительной деятельности часто не расчленяется на определенное число достаточно простых, элементарных операций. (Это связано, в свою очередь, с тем, что в науке пока еще вообще плохо разработаны методы анализа и выявления мыслительных операций, способы проникновения в скрытые от внешнего наблюдения тонкие механизмы мышления.)

В исследованиях, далее, часто не указывается наиболее рациональная для тех или иных условий последовательность операций.

Следует также сказать и о том, что до сих пор не разработаны общие принципы выявления, построения и описания алгоритмов в целях обучения, а также критерии их рациональности и экономности.

Наконец, не решена задача построения с и с т е м алгоритмов, раскрытия взаимоотношений между ними, сравнения их по степени общности, хотя в последнее время стали появляться некоторые работы, посвященные этому вопросу¹³².

Вообще те или иные приемы, указываемые в методиках, нередко имеют частный характер и не вооружают учащихся достаточно общими методами мышления, дающими возможность самостоятельно добывать знания и успешно применять их в с а м ы х р а з н о о б р а з н ы х условиях. Выявление общих систем умственных операций, лежащих в основе усвоения определенных знаний и решения определенных задач, не стало еще ведущим принципом построения методик обучения. Вследствие этого в настоящее время алгоритмы умственной деятельности сформулированы лишь для весьма незначительного круга задач по сравнению с теми, для которых они могут быть открыты и которым можно с помощью алгоритмов обучать более рационально. Это замедляет процесс обучения в целом, порождает у учащихся многочисленные трудности и ошибки. Вот почему важной задачей психологии и дидактики является разработка методов изучения и построения алгоритмов мыслительной деятельности с целью

¹²⁹ Часть исследования, касающаяся механизмов умственной деятельности учащихся при анализе иностранного текста и переводе с иностранного языка на родной, проводилась совместно с А. Р. Белопольской [216] [688].

¹³⁰ См., например: [520], [542-544], [547], [561], [582], [584-587], [591], [595], [601-603], [605-606], [615], [617-618], [619], [630], [636], [657], [667-669], [679], [705-706], [727], [733], [756], [780], [785-787], [816], [826-827], [839], [857-858].

¹³¹ См., например: [529], [555], [589], [607], [620], [655], [683], [704], [714], [726], [751], [755], [806], [838], [852].

¹³² См., например: Г. Г. Граник [241], А. И. Власенков [223].

обучения им учащихся. Вопрос этот является общедидактическим и психологическим, так как касается самых общих принципов изучения алгоритмов, построения их и обучения им, — принципов, имеющих значение для всех учебных предметов и частных методик.

Алгоритмические предписания, которые можно использовать для обучения учащихся, существенно отличаются от алгоритмов, составляемых для вычислительных машин. Это различие прежде всего связано с понятием элементарной операции. Любой алгоритм предполагает расчленение процесса решения задач на достаточно элементарные операции. Однако, как мы уже говорили, само понятие элементарной операции относительно.

Операции, которые может производить машина, определяются ее конструкцией: они существенно зависят также от физических свойств материала, из которого она сделана. Операции, которые может производить человек, зависят от физиологических свойств высокоорганизованной материи мозга и от его «конструкции». В силу этого операция, не являющаяся с «машинной» точки зрения элементарной, с психологической и педагогической точек зрения вполне может рассматриваться как таковая. Важно учесть и то, что мозг является такой самосовершенствующейся системой, которая в процессе деятельности развивает свои свойства. Вот почему операция, которая может быть неэлементарной для одного уровня обучения и развития человека, может и должна стать элементарной для другого, более высокого уровня.

Алгоритм, который в виде программы задается машине, соотнесен с ее особенностями, он предполагает расчленение операций до такой степени дробности, чтобы машина могла их производить. Алгоритмическое предписание, которое формулируется для человека, должно быть соответственно соотнесено с его особенностями (физическими и психическими); оно должно учитывать сформировавшиеся к определенному моменту времени его возможности деятельности. Степень дробления операций, которые предписываются алгоритмом, составленным для человека, должна определяться уровнем развития его мышления, в частности характером операций, которые у него сложились. Построение алгоритмов для решения задач человеком, следовательно, не может не опираться на психологическое изучение человека и не учитывать уровня развития его психических процессов.

Говоря в дальнейшем об алгоритмах, мы будем иметь в виду лишь алгоритмы (алгоритмические предписания), составляемые для человека (конкретно — для учащихся). Естественно поэтому, что все эти алгоритмы будут представлять собой такие предписания, или правила действий, которые указывают последовательность операций, элементарных для данного уровня развития учащихся. При этом предполагается, что учащийся в ладе т операциями, которые указаны в правилах действий, умеет их производить: они предварительно у него сформированы или специально формируются.

§ 2. ПУТИ ОБУЧЕНИЯ АЛГОРИТМАМ И ВЛИЯНИЕ ТАКОГО ОБУЧЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ОПРЕДЕЛЕННЫХ КАЧЕСТВ МЫСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ

Рассматривая выше вопрос о роли и месте обучения алгоритмам и формирования алгоритмических процессов, мы затронули также вопрос о том, как, какими путями эти алгоритмические процессы следует формировать. Мы отметили, в частности, что алгоритмические процессы можно формировать на основе сообщения учащимся алгоритма-предписания, на основе показа операций, из которых составляется алгоритмический процесс, а также в ходе самостоятельных поисковых проб. Добавим, что их можно формировать также путем специальной организации учебного материала, специального подбора упражнений и задач, в ходе решения которых у учащихся будут формироваться нужные системы операций¹³³.

Эти пути формирования алгоритмических процессов не исключают друг друга. Более того, формирование алгоритмического процесса идет более успешно, когда эти различные пути сочетаются. При этом могут существовать различные варианты построения учебного процесса. Можно, например, начинать с сообщения учащимся алгоритмического предписания, а затем, тренируя их в действиях по предписанию, вырабатывать соответствующие алгоритмические операции. Можно поступать наоборот, т. е. начинать с решения соответствующих задач и выработки операций, с тем чтобы потом, в процессе самого решения задач довести эти операции до осознания их учащимися, подводя последних к самостоятельному формулированию алгоритмического предписания¹³⁴. Можно сообщать учащимся алгоритмы-предписания целиком, а можно делать это по частям. Могут быть и другие варианты построения учебного процесса. Какой вариант выбрать — зависит от конкретных задач и условий обучения. Рассмотрим некоторые из этих вариантов.

Пусть, например, перед нами стоит задача в очень короткий срок научить человека выполнять

¹³³ При этом можно так построить обучение, чтобы в ходе решения задач у учащихся формировались не только отдельные операции, но и их системы. Заметим, что если никакой специальной работы по формированию алгоритмических процессов не проводить, то у учащихся, пытающихся решать задачи методом проб, операции формируются в процессе так называемого «прилаживания» к объекту (на некоторые особенности формирования операций в процессе «прилаживания» к объекту в свое время указал А. Н. Леонтьев [693]).

¹³⁴ В последнем случае алгоритмическое предписание выступает в специфической функции — как средство осознания уже сформированного алгоритмического процесса. Значение такого осознания будет показано ниже.

какую-либо деятельность, причем не имеет значения быстрота выполнения этой деятельности. В этом случае может оказаться целесообразным начинать обучение с сообщения алгоритма-предписания или целой системы алгоритмов. С такой ситуацией мы имеем дело, когда, к примеру, надо быстро научить человека понимать и переводить иностранный текст с помощью словаря. Зная некоторые алгоритмы анализа и перевода иностранного текста¹³⁵, человек с их помощью сможет правильно понять и перевести текст, но делать это он будет медленно, осуществляя большое количество логических и грамматических операций. К пониманию текста на иностранном языке и к переводу его на родной язык он будет приходить методом «конструирования», путем большого числа (часто весьма сложных) логических рассуждений о грамматической форме, т. е. рассуждений о языке. Грамматические операции, сформированные на основе действий по алгоритмическому предписанию, могут при последующей тренировке автоматизироваться, но совершенно очевидно, что достижение понимания иностранного текста посредством сложных логических рассуждений в принципе является нежелательным и в определенном смысле малоестественным¹³⁶. При обучении языку в нормальных условиях следует по возможности исключить излишние логические рассуждения по поводу языка. Надо стремиться к тому, чтобы учащиеся больше рассуждали на языке, а не о языке, хотя для того, чтобы научиться рассуждать на языке, необходимо в определенной мере уметь рассуждать и о языке. Но именно в определенной мере. Для достижения цели «научиться рассуждать на (иностранном) языке» надо идти в обучении путем, который в указанных «аварийных» условиях невозможен. Это — путь постепенного формирования и отработки алгоритмических грамматических процедур, доведение каждой операции, входящей в эти процедуры, до автоматизма прежде, чем будет осуществлен переход к другим операциям, к другим звеньям алгоритма. Именно этим путем целесообразно идти в обычных условиях обучения иностранному языку. Этим путем мы шли и в тех экспериментах по обучению родному языку, которые будут описаны во второй части книги.

Мы неоднократно говорили выше о том, что могут существовать различные пути формирования алгоритмических процессов. Но всегда нежелательной является такая система обучения, при которой учащимся приходится запоминать длинные предписания. Там, где это возможно, надо стремиться к тому, чтобы запоминать предписания вообще не приходилось. Формирование нужных алгоритмических процедур должно осуществляться в процессе самостоятельного решения задач, предписания же должны выступать в основном как средство осознания алгоритмического процесса и способ сознательного и произвольного управления ими. Сказанное связано со следующей проблемой.

Следует различать, как об этом уже говорилось выше, знание алгоритма и в л а д е н и е им. Знание алгоритма — это знание операций, которые нужно произвести для решения задач определенного типа, и условий их применения, т. е. знание предписания. Владение же алгоритмом — это умение легко и быстро эти операции производить, умение осуществлять алгоритмический процесс, сформированность этого процесса. Можно уметь осуществлять алгоритмический процесс, т. е. владеть алгоритмом, не зная его, и, наоборот, можно знать алгоритм, плохо владея им. Положение здесь совершенно аналогично тому, какое имеет место вообще в процессах мышления и речи. Можно уметь проводить сложные логические рассуждения, например, доказывать теоремы, и не знать правил построения рассуждений и, наоборот, можно знать правила построения таких рассуждений и не быть в состоянии доказывать сравнительно простые математические предложения. Аналогично, можно уметь грамотно говорить и писать, не зная правил грамматики, и хорошо знать правила грамматики, а говорить и писать с ошибками.

Существует много примеров того, как люди осуществляют алгоритмические процессы, не зная алгоритмов и, более того, не осознавая всех операций, из которых «складывается» алгоритмический процесс¹³⁷. С таким положением пришлось, например, столкнуться, когда возникла задача заменить автоматическими устройствами людей-операторов, управляющих некоторыми производственными процессами. Чтобы автоматическое устройство могло заменить человека-оператора, необходимо выявить алгоритм, по которому работает человек, и передать этот алгоритм автоматическому устройству. Однако выявление алгоритмов во многих случаях оказалось трудным делом, так как люди-операторы, хорошо осуществляя управление на практике, часто не могут описать, как они это делают. Они не осознают алгоритмического процесса, посредством которого осуществляют управление. Еще чаще с явлениями подобного рода приходится встречаться в сфере умственной деятельности. Люди очень часто умеют решать определенные задачи, будучи не в состоянии объяснить, как они думают в процессе

¹³⁵ Интересная работа в этом направлении ведется, например, А. Р. Белопольской [214], [215].

¹³⁶ В описываемых условиях этот путь, хотя он и вынужденный, является рациональным, так как ведет к успешному достижению указанной цели.

¹³⁷ Следует различать з н а н и е алгоритма и о с о з н а н и е алгоритмического процесса. Знание алгоритма — это знание предписания, которое может быть получено как готовым от других людей, так и путем осознания хода собственных алгоритмических операций. Осознание же алгоритмического процесса — это только осознание, собственных алгоритмических операций. Этому осознанию может, в частности, способствовать ознакомление с алгоритмическим предписанием.

решения, какие операции производят. Осуществляя алгоритмические процессы, которые в принципе могут быть алгоритмически описаны, они не знают и не осознают алгоритмов, в соответствии с которыми действуют.

Основная задача обучения алгоритмам — это в л а д е н и е ими, т. е. формирование алгоритмических процессов. Знание же алгоритма — лишь средство достижения этой цели. Но средство это крайне важное. Как показали психологические исследования (см., например: [549], [577], [593], [596-597], [625], [626], [632], [640], [643], [649], [650], [686], [711], [716], [720], [753], [768], [776], [790], [792], [799], [809], [817], [855], [862]) большое значение имеет формирование у учащихся знаний не только о предметах и явлениях внешнего мира, но и о том, как с ними надо действовать¹³⁸. Формирование действий (в том числе умственных) на основе з н а н и й о д е й с т в и я х значительно облегчает и ускоряет выработку умений и навыков, повышая в то же время их качество. Особенно надо подчеркнуть следующую важную черту формирования умений и навыков на основе знаний о действиях: знания о действиях позволяют человеку сознательно и произвольно этими действиями у п р а в л я т ь . Если, например, при отсутствии у человека знаний о том, как надо думать, чтобы решить ту или иную задачу, умственные операции актуализируются главным образом непроизвольно, лишь в результате непосредственного воздействия объектов мышления, то при наличии таких знаний человек может актуализировать умственные операции п р о и з в о л ь н о и произвольно ими управлять. Знания о действиях выступают как управляющая система более высокого ранга, регулирующая ход умственных операций, направляющая течение мыслительных процессов. Естественно, что, становясь более управляемыми, мыслительные процессы формируются быстрее, легче, с меньшими отклонениями от правильного пути («безошибочней»). Очень существенно также то, что появляется возможность произвольного применения операций к новым условиям, т. е. создаются возможности для более широкого их п е р е н о с а на эти условия. Применение операций к новым условиям теперь зависит уже не только от того, насколько эти условия внешне сходны с теми, в которых операции сформировались (при непроизвольной актуализации именно это во многих случаях является решающим фактором). Благодаря осознанности операций они легче могут быть применены к условиям, внешне не сходным с теми, в которых они сформировались, однако сходным по внутренним, существенным, но и не наглядным признакам. Такой перенос в свою очередь способствует более широкому и быстрому о б о б щ е н и ю операций, что крайне важно для умственного развития учащихся в целом. Чем шире сфера переноса, тем больше возможностей для новых оригинальных «ходов» мысли, для новых выводов и открытий. Ведь известно, что в основе научных и технических открытий часто лежит перенос известных методов в новые условия, применение их к таким объектам, к которым они раньше не применялись.

Мы сказали о том, какое значение имеет обучение алгоритмическим предписаниям для осознания практических и умственных операций, посредством которых осуществляется человеческая деятельность, для целенаправленного и произвольного управления этими операциями. Но обучение алгоритмам имеет важное значение и для с и с т е м а т и з а ц и и операций. Если, например, отдельные правила грамматики предписывают способ действий в одних, ограниченных условиях, то многие грамматические алгоритмы объединяют в единый метод несколько или даже много правил, систематизируя операции, относящиеся к различным разделам учебного предмета. Так, например, правила о том, когда надо и когда не надо ставить запятую перед союзом *как*, даются в различных разделах курса грамматики. Это влечет за собой то, что, встретившись с этим союзом, многие учащиеся не знают, какое из правил надо в данном случае применить. В результате возникают ошибки¹³⁹. Между тем можно построить единый алгоритм, который на основе синтеза всех правил, относящихся к союзу *как*, позволит посредством единой процедуры однозначно определять, следует ли в том или ином случае ставить перед союзом *как* запятую или нет. Можно привести и много других подобных примеров.

Обучение алгоритмам систематизирует операции и в другом отношении. Например, можно построить алгоритм распознавания подлежащего и обучить ему учащихся. После того как учащиеся овладеют системой операций, лежащей в основе этого алгоритма, и эти операции автоматизируются, распознавание подлежащего можно рассматривать как одну элементарную операцию. Далее, можно построить алгоритм распознавания видов простых предложений. Чтобы распознать вид простого предложения, надо определить, имеется ли в нем подлежащее. Таким образом, алгоритмическая процедура по

¹³⁸ Применительно к воспитанию мышления проблема стоит так: надо давать учащимся не только знания о вещах, но и знания о том, как мысленно оперировать с ними, т. е. знания о приемах, методах мышления. Наличие у учащихся этих знаний способствует выработке умения думать.

¹³⁹ Чтобы, например, грамотно писать, недостаточно знать грамматические правила. Надо еще знать, какие из правил выбирать и применять в том или ином случае, т. е. знать правила выбора правил, правила их применения. Такими правилами особого рода и являются многие алгоритмы.

распознаванию подлежащего войдет в качестве элемента в другую алгоритмическую процедуру более высокого порядка. В свою очередь алгоритмическая процедура по распознаванию видов простых предложений может войти (при определенной методике обучения) в качестве элемента в алгоритмическую процедуру по распознаванию сложносочиненного предложения (в отличие от простого с однородными членами), т. е. в алгоритмический процесс еще более высокого порядка и т. д.¹⁴⁰. Таким образом, правильно построенное обучение алгоритмам может служить прекрасным средством систематизации как знаний, лежащих в основе алгоритмов, так и операций.

Особо надо подчеркнуть большое обобщающее значение специального обучения учащихся алгоритмам и методам их самостоятельного построения. Хотя каждый конкретный алгоритм служит для решения лишь задач определенного класса, учащиеся, строя алгоритмы, проникают в структуры предметов и явлений внешнего мира, а также самих мыслительных процессов, познают значение общих методов мышления, учатся их выявлять, анализировать, синтезировать и применять. Все это, несомненно, играет большую роль в общем развитии учащегося.

Наконец, надо отметить и такое обстоятельство. Поскольку правильное обучение алгоритмам включает в себя их сравнение по степени рациональности, или оптимальности, то обучение алгоритмам может служить хорошим средством воспитания у учащихся привычки задумываться над рациональностью различных способов действий и выбирать из них наиболее рациональные.

Как мы знаем, любой алгоритм предполагает однозначную связь условий и действий. Часто думают, что это является абсолютным недостатком алгоритмов (см., например: Н. Г. Алексеев [206]). Такая постановка вопроса, однако, неверна¹⁴¹. Выше было показано, что существует большое количество задач, которые нельзя решить, нарушив определенную последовательность операций¹⁴². Однако, наряду с такими задачами, существуют задачи, где последовательность операций не имеет значения, где можно получить нужный результат посредством операций, выполняемых в различной последовательности. И если по отношению к задачам второго рода жесткость алгоритма часто является его недостатком, то по отношению к задачам первого рода — это его достоинство. Нельзя рассматривать жесткость алгоритма как его недостаток или достоинство безотносительно к тому типу задач, которые должны посредством этого алгоритма решаться. Любая попытка абсолютизировать какое-либо из качеств алгоритмов может привести лишь к дезориентации в оценке их педагогической значимости.

§ 3. О ЗАДАЧАХ, ДОПУСКАЮЩИХ РЕШЕНИЕ ПОСРЕДСТВОМ РАЗЛИЧНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ ОПЕРАЦИЙ

Выше мы рассматривали по преимуществу задачи, которые требуют для своего решения выполнения некоторой строгой последовательности операций. Рассмотрим несколько более подробно задачи второго рода, которые могут быть решены посредством различных последовательностей одних и тех же операций. К таким задачам принадлежат, например, многие математические задачи. Возьмем для примера задачу на вычисление площади треугольника. Как известно, площадь треугольника равна половине произведения основания на высоту. Но вычислять площадь треугольника можно разными путями. Можно высоту умножить на основание и полученное произведение разделить пополам; можно основание умножить на высоту и полученное произведение разделить пополам; можно основание разделить пополам и полученное частное умножить на высоту; можно высоту разделить пополам и полученное частное умножить на основание и т. д.¹⁴³. Совершенно естественно, что, формулируя в математике метод решения этой задачи, нет никакого смысла задавать его в виде алгоритма, указывающего одну-единственную последовательность операций. Гораздо целесообразнее указать все возможные последовательности операций. Способом, который позволяет это сделать, является формула. Для вычисления площади треугольника эта формула широко известна: $S = \frac{1}{2}ah$. Пользуясь этой формулой, можно вычислять площадь треугольника различными способами, т. е. посредством различных последовательностей операций (алгоритмических процессов и соответствующих им алгоритмов).

¹⁴⁰ Мы считаем, что распознать сложносочиненное предложение можно и не опираясь на определение видов простых предложений, входящих в состав сложносочиненного. Но это будет другой алгоритм, и о нем речь пойдет дальше.

¹⁴¹ Критический анализ подобных взглядов дан в нашей статье [276].

¹⁴² Мы уже отмечали, что необходимость строгой последовательности операций связана с определенной «стадийностью» тех процессов, управление которыми осуществляется посредством этих операций. Кроме того, подавляющее большинство алгоритмов предполагает различные последовательности операций в зависимости от различных условий, в которых происходит решение задачи, т. е. позволяет гибко приспосабливаться к этим условиям.

¹⁴³ Всего при решении этой задачи может быть 12 различных последовательностей операций.

Данная формула, как и все другие аналогичные формулы, не является алгоритмом, так как она не предписывает какой-либо одной определенной последовательности действий. Это теоретическое утверждение, устанавливающее (фиксирующее, отражающее) определенные отношения между математическими объектами. Но этой формуле соответствует некоторое правило¹⁴⁴, а ему — некоторое множество алгоритмов (алгоритмических процедур), представляющих собой всевозможные последовательности действий по решению данной задачи. Можно сказать, что в формуле это множество алгоритмов содержится как бы в скрытом виде. Понятно, что если какая-либо задача может быть решена не одним каким-либо способом, а несколькими различными, то гораздо целесообразнее задавать эти способы не в виде алгоритма или алгоритмов, а в виде особого теоретического утверждения — формулы, которой будут соответствовать сразу все возможные способы решения — алгоритмы.

В применении к преподаванию математики на соответствие между теоретическими утверждениями и правилами, формулирующими способы действий, специально указывает в своей работе П. А. Шеварев [841]. Он приводит следующее правило: когда надо перемножить два многочлена, следует каждый член одного многочлена умножить на каждый член другого многочлена и полученные произведения сложить. Затем он приводит теоретическое утверждение: произведение двух многочленов равно алгебраической сумме произведений каждого члена одного многочлена на каждый член другого многочлена. По поводу последнего он говорит: «Это теоретическое положение, теоретическое в том смысле, что в нем констатируется некоторый факт; в нем не содержится указаний на какие-либо операции, которые надо выполнить, желат е л ь н о выполнить и т. д. Вместе с тем очевидно, что это теоретическое положение и приведенное выше правило эквивалентны друг другу. Правило вытекает из теоретического положения, а теоретическое положение можно вывести из этого правила».

Приведенное П. А. Шеваревым правило перемножения многочленов, эквивалентное соответствующему теоретическому утверждению, не является алгоритмом, так как оно указывает, что надо сделать, чтобы умножить два многочлена, но не указывает последовательности действий при умножении и тем самым не полностью эти действия детерминирует (каждый член одного многочлена можно умножать на каждый член другого многочлена в разном порядке). Это, между прочим, показывает, что понятия «правило» и «алгоритм» не всегда совпадают. «Правило» — понятие более широкое (и в некоторых случаях менее определенное). Всякий алгоритм можно рассматривать как правило, ноне всякое правило — это алгоритм. Из этого, заметим, совсем не вытекает, что правила всегда надо задавать в виде алгоритмов. Многие правила целесообразно задавать в таком виде, в каком сформулировано правило, приведенное П. А. Шеваревым¹⁴⁵. Важно лишь всегда отдавать себе отчет в том, что представляет собой правило, которое формулируется. Для обучения совсем не безразлично, будет ли правило сформулировано в виде алгоритма или в виде правила — не алгоритма.

Формулирование математических утверждений в виде формул несколько не снижает значения обучения алгоритмам, так как не всегда различные алгоритмы решения одной и той же задачи отличаются лишь последовательностью операций и не всегда поэтому им можно поставить в соответствие некоторую единую формулу¹⁴⁶. В тех же случаях, когда различные алгоритмы отличаются лишь последовательностью операций и всем им можно поставить в соответствие некоторую формулу, учить алгоритмам часто действительно нецелесообразно. Но в этих случаях важно научить учащихся видеть в формуле различные скрытые в ней алгоритмы и переходить от формулы к наиболее рациональному в тех или иных условиях алгоритму и, наоборот, от возможных алгоритмов к формуле. Ведь решить задачу на основе формулы можно, только перейдя от формулы к алгоритму. Среди причин неумения учащихся рационально решать задачи не последнее место занимает неумение переходить от формулы к рациональному алгоритму, самостоятельно определять на основе теоретического утверждения рациональный способ действий.

Независимо от того, отличаются ли алгоритмы решения некоторой массовой задачи (проблемы) лишь последовательностью операций или также самими операциями, учащихся важно специально обучать умению оценивать, какой алгоритм из множества возможных алгоритмов является в данном случае наиболее рациональным, с тем чтобы для решения задачи выбрать именно его. Значение выбора рационального алгоритма можно показать на простом примере. Как известно, сложить два числа, например

¹⁴⁴ О понятии правила см. ниже.

¹⁴⁵ Нецелесообразность задания строгой последовательности операций в такого рода правилах связана с коммутативностью и ассоциативностью операций сложения и умножения.

¹⁴⁶ Говоря о различных алгоритмах решения одной и той же задачи, следует различать два случая. Алгоритмы могут отличаться только порядком (последовательностью) операций (как при вычислении площади треугольника); но они могут различаться и характером самих операций. В последнем случае учащихся бывает целесообразно (по крайней мере иногда) обучать не одному-единственному алгоритму решения задачи, а различным.

29 и 18, можно разными способами: можно к 29 прибавить 20 и отнять 2, можно к 30 прибавить 18 и отнять 1 и т. д. Факты показывают, что учащиеся не всегда действуют достаточно рациональными способами, что, в свою очередь, усложняет процесс решения задач и приводит к излишним затратам времени. Чтобы успешно решать такие и подобные им задачи, надо знать не только возможные алгоритмы их решения, но и уметь выбирать из них для данных условий более рациональный¹⁴⁷.

§ 4. ИНДИВИДУАЛИЗАЦИЯ В ОБУЧЕНИИ АЛГОРИТМАМ

Надо сказать еще об одном вполне естественном требовании к обучению алгоритмам. Оно заключается в необходимости осуществлять, где это возможно, индивидуализацию обучения. Поскольку различные алгоритмы решения одной и той же задачи могут требовать учета различных признаков и осуществления различных операций, то для разных людей, в зависимости от их индивидуальных особенностей, наиболее удобными и легкими (т. е. в определенном смысле оптимальными) могут оказаться разные алгоритмы. Это можно проиллюстрировать на достаточно простом примере.

При зарядке киноаппарата очень важно правильно вставить в аппарат пленку, так как иначе изображение на экране может получиться «перевернутым». Существуют различные признаки, позволяющие определить правильное положение пленки перед зарядкой, и в связи с этим несколько возможных алгоритмов распознавания положения пленки. Приведем группы возможных признаков, на основе которых можно определить нужное положение пленки при зарядке узкоплёночного киноаппарата 1. а) пленка должна быть обращена матовой стороной к заряжающему и б) изображение должно быть прямым (не «вверх ногами»); или 2. а) перфорация должна находиться слева и б) пленка должна быть обращена матовой стороной к заряжающему; или 3. а) перфорация должна находиться слева и б) изображение должно быть прямым. Как рациональнее действовать, чтобы определить правильное положение пленки, на какие признаки лучше ориентироваться — это зависит, в частности, от индивидуальных особенностей человека. Одному легче ориентироваться на одни признаки, другому на другие¹⁴⁸.

Однако индивидуализация обучения алгоритмам состоит не только в том, чтобы выбрать из всех возможных признаков и действий такие, которые больше «подходят» данному человеку, лучше соответствуют его индивидуальным особенностям, но и в том, до какой степени подробности следует расчленять операции, входящие в алгоритм. Поскольку у разных людей операции развиты по-разному, степень расчленения операций алгоритма для разных людей должна быть неодинаковой¹⁴⁹.

Мы уже не говорим о том, как важна индивидуализация самих способов обучения алгоритмам. Как известно, одному и тому же можно обычно научить разными путями. Индивидуализация обучения должна состоять также в том, чтобы каждого человека учить способом, соответствующим его индивидуальным особенностям.

Так, например, человека с хорошим фонематическим слухом и с хорошей способностью усваивать иностранный язык со слуха можно успешно обучать некоторым аспектам иностранного языка преимущественно устным методом. Человека же, который со слуха усваивает плохо и которому для усвоения звучащей речи нужна опора на зрительное восприятие, одним устным методом успешно обучать нельзя. Это не значит, что первый способнее второго. Просто у них разные способности. Важно, чтобы способ обучения был приспособлен к этим способностям. Надо заметить, что многие люди, считающиеся неспособными, на самом деле являются неспособными лишь к определенным методам обучения. Достаточно начать их учить другим методом, как «неспособность» исчезает.

Таким образом, способ обучения должен быть приспособлен к индивидуальным особенностям человека и быть для него адекватным. Надо сказать, что в условиях современной организации массового обучения осуществить такую индивидуализацию весьма трудно. Значительные возможности в этом направлении открывает программированное обучение.

¹⁴⁷ Между прочим, учитывая такие естественные критерии, как быстрота и надежность получения результата, отражающие, в частности, такую особенность процесса решения, как степень его легкости (трудности), нетрудно составить алгоритм определения того, какой из множества возможных алгоритмов сложения чисел является в тех или иных случаях более рациональным. Многие люди, умеющие хорошо считать в уме, этим алгоритмом осознанно или неосознанно пользуются. Некоторые учителя ему также обучают.

¹⁴⁸ Могут быть и различные способы распознавания одного и того же признака. Так, матовость можно определять на ощупь и можно при помощи зрения. И хотя различительная способность органов чувств поддается развитию и ее можно и нужно упражнять, все же для одних более легким и удобным является один способ, для других — другой. Лишь для некоторых оба эти способа являются равноценными.

¹⁴⁹ Как легко видеть, это полностью соответствует тому, что выше было сказано об относительности понятия элементарной операции. Для разных людей элементарными могут являться разные операции.

Разрабатывая методику обучения тому или иному алгоритму, очень важно учитывать те изменения, которым подвергается алгоритмический процесс в ходе формирования¹⁵⁰. Изменения эти могут заключаться в объединении нескольких операций в одну операцию, в автоматизации операций и в некоторых других изменениях, о которых речь пойдет в дальнейшем. Пока отметим только, что, обучая алгоритмам, важно иметь в виду структуру того конечного продукта (процесса), который надо получить в результате обучения. Знание структуры конечного процесса является необходимым условием целенаправленного и эффективного его формирования.

§ 5. СООТНОШЕНИЕ ПОНЯТИЯ «АЛГОРИТМ» С ПОНЯТИЯМИ «УМЕНИЕ» И «НАВЫК»

Может возникнуть вопрос, зачем пользоваться понятием «алгоритм» (или «алгоритмическое предписание»), если существуют понятия «умение» и «навык» и можно говорить не об обучении алгоритмам, а об обучении умениям и навыкам. По этому поводу надо сказать следующее.

Понятия «умение» и «навык» не являются в педагогике и психологии достаточно определенными. Под умением часто понимают свойства и процессы самого различного характера. Например, говорят об умении догадаться и умении сложить 5 и 3, об умении вести научное исследование и умении пришить пуговицу, хотя все эти процессы совершенно различны. Мы уже не говорим о том, что до сих пор в педагогике и психологии идут горячие споры о том, в чем состоит различие между умениями и навыками и какой смысл надо вкладывать в каждое из этих слов. Вопрос этот до сих пор не решен, и различные авторы и сегодня употребляют эти слова в различном, причем зачастую весьма неопределенном, смысле.

В отличие от понятий «умение» и «навык» понятия «алгоритм», «алгоритмическое предписание», «алгоритмический процесс» являются значительно более точными. Эти понятия указывают на предписания и процессы совершенно определенного типа, позволяя достаточно однозначно выделить их признаки. По этим признакам процесс алгоритмического типа можно отличить от процесса неалгоритмического типа, что обеспечивает четкую дифференциацию исследуемых процессов и точное определение предмета исследования.

Но дело не только в том, что понятия «алгоритм», «алгоритмическое предписание» и «алгоритмический процесс» являются более точными, чем понятия «умение» и «навык». Это понятия другого плана.

Понятие «алгоритм» (или «алгоритмическое предписание») относится к п р е д п и с а н и я м о выполнении определенных операций, понятия же «умение» и «навык» — к способу в л а д е н и я операциями. Понятия «умение» и «навык» ближе к понятию «алгоритмический процесс», хотя и не совпадают с ним. Бывают такие процессы, называемые умениями (вроде умения догадаться или умения вести научное исследование), которые по своим механизмам не являются алгоритмическими. С другой стороны, бывают такие алгоритмические процессы, которые не являются умениями и навыками. Так, человек, который по сложному алгоритмическому предписанию в первый раз что-то делает, несомненно, осуществляет алгоритмический процесс, однако вряд ли можно сказать, что он у м е е т делать то дело, которое он делает, и тем более, что он владеет соответствующим навыком.

Операциями, которые указываются в алгоритме, человек, как мы говорили, может практически владеть плохо. Он их может лишь знать. Когда же мы говорим об умениях и навыках, то имеем в виду, что человек обязательно владеет определенными действиями (операциями). Причем существо дела не меняется, если человек не осознает операций полностью, не знает, из каких элементов «состоит» умение или навык, которые он практически применяет.

Понятие «алгоритмический процесс» и понятие «умение» не являются ни тождественными, ни противоположными. Некоторые (но не все) алгоритмические процессы реализуют некоторые умения, некоторые умения проявляются в алгоритмических процессах. Что касается навыков, то можно, очевидно, утверждать, что все навыки реализуются в алгоритмических процессах, хотя обратное неверно: не всякий алгоритмический процесс является показателем (а потому и проявлением) навыка. Навык является высшей стадией развития алгоритмического процесса, когда алгоритмический процесс достигает высокой степени автоматизированности. Однако установление более точного соотношения между понятиями «алгоритм» («алгоритмическое предписание») и «алгоритмический процесс», с одной стороны, и понятиями «умение» и «навык» — с другой, будет возможно лишь тогда, когда будут достаточно уточнены эти последние. Уточнение же этих понятий не входит в задачу настоящей работы.

¹⁵⁰ Это обстоятельство полностью отсутствует при задании алгоритмов машинам (при условии, конечно, что эти машины не самообучающиеся).

Поскольку в процессе обучения важно, чтобы учащиеся не просто знали те или иные алгоритмы и алгоритмические предписания, но и практически ими владели, умели их применять, постольку в процессе обучения алгоритмам возникает особая и важная задача — превратить знание алгоритма в навык пользования им, выработать у учащихся умение применять алгоритмы. Однако, как это ясно из всего сказанного выше, проблема обучения алгоритмам не сводится к проблеме обучения учащихся умениям и навыкам: задачи, которые стоят при обучении алгоритмам, значительно шире. Обучение алгоритмам предполагает развитие общей логической культуры, а также воспитание ряда качеств творческого мышления, формирующихся в связи с овладением методами самостоятельного построения алгоритмов. С другой стороны, проблема выработки у учащихся умений и навыков не сводится к проблеме обучения алгоритмам и алгоритмическим предписаниям. При выработке умений и навыков возникает ряд специфических проблем, в том числе такая важнейшая проблема, как проблема автоматизации действий, из которых складываются алгоритмические процессы.

Из всего сказанного видно, что применение понятия «алгоритм» («алгоритмическое предписание») к области педагогических явлений не является случайным или искусственным. Потребность в этом понятии возникает в связи с необходимостью более точного и дифференцированного описания ряда педагогических и психологических явлений и процессов и более полного и направленного управления ими.

С фактами, когда понятия, сложившиеся в недрах одной науки, распространяются на более широкий круг явлений, мы встречаемся постоянно. В этом выражается процесс более обобщенного и глубокого познания действительности, без этого невозможно создание общих теорий. Перенос понятий из одной предметной области науки в другую является важнейшим следствием и в то же время условием открытия общих для этих различных областей науки закономерностей.

Сказанное полностью относится и к понятиям алгоритма и алгоритмического предписания. Если эти понятия характеризуют методы решения не только математических, но и различных других задач (в том числе грамматических), то это означает, что математическое мышление не является чем-то абсолютно специфическим, резко отличным от мышления в других областях науки и практики. Закономерности логического мышления едины, и это весьма важно учитывать при рассмотрении педагогической значимости обучения алгоритмам. Понятие алгоритма именно потому можно применить к различным видам мышления, что с математическим мышлением у них имеются общие черты, которые на определенном этапе научного познания выявляются и осознаются.

Нет надобности говорить о том, как важно выявление таких общих черт не только для создания общей психолого-педагогической теории мышления, но и для самой практики обучения. Ведь если математическое и, например, грамматическое мышление имеют общие черты, то отсюда следует, что можно разработать некоторые единые методы обучения различным предметам; что методы мышления можно переносить с одного предмета на другой; что можно обобщать эти методы и целенаправленно формировать общие умственные способности. Выявив общее, например, в математическом и грамматическом мышлении, можно начать учить математике так, чтобы одновременно облегчить и ускорить усвоение грамматики и, наоборот, учить грамматике так, чтобы облегчить и ускорить усвоение математики.

Из сказанного вытекает, что применение понятия «алгоритм» («алгоритмическое предписание») к различным видам мышления представляет собой необходимую предпосылку для исследования более общих закономерностей мышления и выявления более глубоких связей между различными его видами.

§ 6. ПРОБЛЕМА СПЕЦИАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ АЛГОРИТМАМ РАСПОЗНАВАНИЯ

Осталось более подробно рассмотреть проблему обучения алгоритмам распознавания, о значении которой в весьма общей форме мы говорили в разделе I в связи с характеристикой двух типов алгоритмов.

Начнем с рассмотрения некоторых примеров распознавания грамматических явлений. Возьмем следующее грамматическое правило: «Если данное предложение является сложносочиненным, состоящим из двух простых предложений (признак *a*) и у этих простых предложений нет общего второстепенного члена (признак *b*), то эти простые предложения отделяются друг от друга запятыми (действие *A*)»¹⁵¹. На символическом языке это правило можно записать так:

$$a \& b \rightarrow A. \quad (1)$$

¹⁵¹ Иногда они отделяются также при помощи других знаков препинания, но чтобы не усложнять анализа, мы не будем рассматривать дополнительные условия, вызывающие постановку других знаков.

Как и все другие грамматические правила, данное правило можно рассматривать как алгоритм преобразования, включающий лишь одну операцию преобразования. Применяя к некоторому предложению это правило, мы определенным образом преобразуем его: сначала в нем не было запятой, а потом в результате нашего действия она в нем появляется¹⁵².

Возьмем теперь другое правило: «Если данное предложение является простым с однородными членами (признак *c*), и если однородные члены соединены сочинительными союзами (признак *d*), и если эти союзы не повторяются (признак *g*), то однородные члены запятыми не отделяются (действие *A*). На символическом языке это правило можно записать так:

$$c \& d \& g \rightarrow \bar{A}. \quad (2)$$

Это правило можно также рассматривать как алгоритм преобразования, но преобразования особого рода — тождественного, ибо \bar{A} означает: действие *A* не осуществляется. При тождественном преобразовании исходный объект не изменяется, как бы преобразуясь в самого себя¹⁵³.

Предположим теперь, что дано предложение *Мне нездоровится, и я собираюсь пойти к врачу* и надо определить, следует ли перед союзом *и* ставить запятую (т. е. какое из действий: *A* или \bar{A} — следует осуществить).

Чтобы решить эту задачу, надо прежде всего определить (проверить, распознать), является ли данное предложение сложносочиненным (есть ли у него признака) или простым с однородными членами (есть ли у него признаке). Ведь от этого прежде всего зависит выбор правила¹⁵⁴. Не распознав предварительно типа предложения, не установив, к какому классу оно относится (а для этого надо в свою очередь знать признаки предметов этих классов, в правилах не указанные), невозможно определить, какое правило к нему надо применять, т. е. как его надо преобразовывать. Ведь действия, указываемые в грамматических правилах, относятся не к отдельным грамматическим объектам, а к целым классам (или типам) объектов, характеризующихся определенными признаками.

Из этих примеров видно, что процесс распознавания является необходимым условием и предпосылкой процесса преобразования и что, не осуществив распознавания, невозможно осуществить и последующее преобразование. Рассмотренные примеры показывают также, что процесс распознавания может быть многоступенчатым. Для решения основной задачи распознавания — определения того, относится ли предмет к классу, для которого имеется правило преобразования, — часто оказывается необходимым использовать дополнительные определения, раскрывающие признаки интересующих нас признаков (указанных в основном правиле). В данных примерах может возникнуть необходимость, в частности, использовать определения сложносочиненного предложения и простого предложения с однородными членами (а вместе с этим и определение однородных членов). Эти вспомогательные определения могут служить основой для вспомогательных алгоритмов распознавания.

Сказанное выше можно пояснить несколько иначе. В приведенных правилах утверждалось, что если предложение является сложносочиненным (т. е. имеет признак *a*), а также имеет некоторые другие признаки, то простые предложения, входящие в его сослав, отделяются запятыми; если же оно является простым с однородными членами (т. е. имеет признак *c*), а также имеет некоторые другие признаки, то однородные члены в нем запятыми не отделяются. Но встретив некоторое предложение *x*, мы как раз и не знаем, каково оно: сложносочиненное или простое с однородными членами, причем непосредственно выявить признаки *a* или *c* нельзя. Чтобы определить тип предложения, т. е. наличие у предложения признаков *a* или *c*, надо установить наличие у предложения ряда других признаков α , β , γ , которые в правиле не указаны. Какие именно признаки надо проверить у предложения, чтобы определить, имеет оно признак *a* или *c* (т. е. принадлежит ли оно к классу сложносочиненных или простых с однородными членами) — это задается специальными теоретическими утверждениями (определениями), на основе которых и осуществляется распознавание. Эти теоретические утверждения имеют вид:

¹⁵² Подразумевается, что вначале предложение дано по крайней мере без того знака препинания, вопрос о котором должен быть решен.

¹⁵³ Алгоритмы, которые преобразуют объект в самого себя (т. е. по существу оставляют его без изменения), называются тождественными алгоритмами (по аналогии с тождественными функциями в математике). Отсутствие преобразования рассматривается здесь как частный случай преобразования.

¹⁵⁴ Как видно из приведенных примеров, среди признаков, указываемых в левых частях правил, есть такие, проверка которых прежде всего необходима для решения вопроса о применимости того или иного правила. Проверку у предмета признаков с целью выбора соответствующих правил можно назвать процессом распознавания применимости правил. Класс, в который в данном случае включается предмет, — это класс предметов, для которых применимо то или иное правило.

$$\alpha(x) \& \beta(x) \& \gamma(x) \dots \leftrightarrow \alpha(x)^{155},$$

где двойные стрелки \leftrightarrow означают «если и только если... то», т. е. что совокупность признаков α , β , $\gamma \dots$ у предмета x является необходимой и достаточной для заключения о наличии у этого предмета признака α . Утверждение, что предмет x имеет признак α , стоящее в правой части ($\alpha(x)$), равносильно утверждению о том, что этот предмет относится к классу предметов, обладающих данным признаком (например, если предложение имеет признак «быть сложносочиненным», то оно относится к классу сложносочиненных предложений). Это значит, что вместо $x \in A$ (x принадлежит классу A) мы можем всегда писать $\alpha(x)$ (x имеет признак α)¹⁵⁶. Из сказанного вытекает важный вывод о том, что признаки, указываемые в формулировках определений и правил, могут быть двух видов. Одни таковы, что их наличие или отсутствие у предмета может быть выявлено (распознано) человеком непосредственно (таков, например, признак «союз, соединяющий однородные члены, повторяется»), другие же признаки непосредственно в ряде случаев выявлены быть не могут. Для их выявления необходимо осуществить специальный процесс распознавания, привлекая признаки этих признаков, не указанные в правиле (например, признаки типов предложений).

Уже давно было подмечено, что многие учащиеся, хорошо знающие правила, законы, теоремы, часто не умеют решать задач, не умеют думать. В психологии и педагогике это явление обычно объясняют тем, что у учащихся есть знания, но они не умеют их применять. Проблеме применения знаний посвящено много исследований, внесших значительный вклад в понимание его природы (см., например: [543], [547], [586], [587], [624], [627], [642], [647], [651-652], [676-678], [680], [717-722], [737], [764], [777-778], [782-783], [807], [832], [859]).

Если подойти к этой проблеме с точки зрения взаимодействия процессов преобразования и процессов распознавания, то надо будет сказать, что одной из причин неумения учащихся применять знания является то, что, владея алгоритмами преобразования, они не владеют алгоритмами распознавания, они не знают, что надо делать с предметом, чтобы определить, какое правило надо к нему применить. Это неумение может быть вызвано двумя причинами:

1. Учащиеся знают правила типа $a \& b \rightarrow A$; $c \& d \& g \rightarrow \bar{A}$, но, встретив некоторый объект, к которому надо применить одно из правил, не знают, что для выбора правила надо установить, обладает ли этот объект той или иной (из указанных в формулировках правил) совокупностью признаков. (Например, встретив некоторое предложение, в котором имеется союз *и*, они не знают, что для определения пунктуации перед союзом *и* надо проверить, какие из условий: $a \& b$ или $c \& d \& g$, указанные в приведенных выше правилах (1) и (2), для него выполняются, но без этого невозможен, конечно, сознательный выбор одного из действий A или \bar{A} .)

2. Учащиеся знают правила указанного типа и знают, что для выбора правила надо установить, какая из совокупностей признаков, указанных в правилах, имеется у данного объекта, но они не знают, как распознать (выявить) наличие самих этих признаков. (Например, встретив некоторое предложение, в котором имеется одиночный союз *и*, они знают, что для определения пунктуации перед *и* надо проверить, какие у него имеются признаки: $a \& b$ или $c \& d \& g$, но не знают, как распознать наличие самих этих признаков (или какой-то их части)¹⁵⁷.

Трудность задачи усугубляется тем, что часто к одному и тому же объекту может быть применено много различных правил, и, для того чтобы определить, какое из них следует применить в том или ином случае, надо осуществить сложный процесс проверки у объекта различных признаков с целью распознавания принадлежности объекта к тем или иным классам¹⁵⁸.

Выражение «умение применять знания» (будем для конкретности говорить об умении применять знания правил или просто правила) неоднозначно¹⁵⁹. Об умении применять правила можно говорить по

¹⁵⁵ Конъюнкция признаков в левой части этого выражения представляет собой сложный признак предмета (предложения) x . В формулировках правил и определений возможны сложные признаки и других видов (α , β , $\gamma \dots$ в приведенном выражении также могут быть сложными признаками). Конкретные теоретические утверждения, включающие в себя сложные признаки других видов, будут рассмотрены ниже.

¹⁵⁶ В дальнейшем мы будем пользоваться как одними, так и другими обозначениями.

¹⁵⁷ Учащиеся, например, знают, что надо проверить, является ли предложение сложносочиненным или простым (т. е., скажем, имеет ли оно признак a или c), но не знают, как это сделать, как выявить, распознать сам этот признак.

¹⁵⁸ Многие ошибки учащихся вызваны тем, что, зная правила, но не зная алгоритмов распознавания, они неправильно относят объекты к определенным классам и поэтому применяют к ним не те правила, которые нужны. На факты, свидетельствующие о неумении учащихся во многих случаях правильно относить предметы к тем или иным классам, указывалось неоднократно в психологической и методической литературе.

¹⁵⁹ Умение применять знания теоретических утверждений включает в себя еще и переход от теоретического

крайней мере в двух разных смыслах. Под умением применять правила можно подразумевать умение переходить от условия (антецедента) к действию (консеквенту), умение выполнять то преобразование, которое указано в правиле¹⁶⁰. Но под умением применять правила можно понимать и умение выбирать нужное правило из всего множества правил для того, чтобы потом осуществить то действие (преобразование), которое указано в правиле. Эти два смысла выражения «умение применять правила» следует строго различать. Это, по существу, два различных умения, требующие различных операций. Неумение учащихся применять правила чаще всего выражается именно в том, что они не умеют выбирать нужное правило из множества возможных, а умение выбирать правило предполагает, как мы сказали, умение осуществлять процесс распознавания.

Существуют два основных типа процесса, ведущего к выбору правила. Чтобы нагляднее их себе представить, рассмотрим ситуацию, когда к одному и тому же объекту x (это может быть слово, предложение или же физическое тело, химическое вещество и т. д.) могут относиться разные правила, причем выбор правила определяется наличием у объекта определенных признаков. Пусть связь между признаками и действиями задается следующими тремя правилами:

$$\begin{aligned} a(x) \&b(x) \&c(x) \rightarrow A, \\ d(x) \&e(x) \&f(x) \rightarrow B, \\ g(x) \&p(x) \&q(x) \rightarrow C. \end{aligned}$$

Решающему задачу надо определить, какое действие из трех возможных должно быть осуществлено с некоторым данным (или выбранным) объектом. Для этого необходимо установить, какими из совокупностей признаков $a, b, c; d, e, f; g, p, q$ обладает этот объект. Наличие одного из сочетаний признаков и определяет выбор правила. Если допустить, что каждый из признаков может быть выявлен непосредственно (т. е. для выявления признака не требуется другой, специальной процедуры распознавания¹⁶¹), то возможны следующие два типа процесса, ведущие к выбору правила.

1-й тип.

- 1) В объекте в процессе анализа выделяются различные признаки.
- 2) Признаки фиксируются.
- 3) Эти признаки сопоставляются с признаками, указанными в левых частях (антецедентах) правил.
- 4) Осуществляется выбор того правила, у которого признаки, указанные в левой части, совпадают с признаками, выделенными в объекте.

2-й тип.

- 1) На основе непосредственного восприятия предмета возникает предположение о применимости к нему определенного правила.
- 2) Это правило фиксируется.
- 3) Из правила выделяются признаки, указанные в его левой части.
- 4) Проверяется наличие этих признаков у предмета.

Если данные признаки у предмета имеются, то это правило выбирается для последующего применения, если отсутствуют, то строится другое предположение и испытывается применимость другого правила.

В процессах первого типа человек идет от дробного, хотя и не направленного, анализа объекта. Он выделяет различные его признаки без предварительной установки на применение какого-либо одного, заранее намеченного правила и лишь потом смотрит, какое из правил могло бы быть применено. При этом, приступая к анализу объекта, он заранее не знает, какие признаки он должен в нем искать. В процессах второго типа человек на основе предварительного глобального (недетализированного) восприятия объекта и возникшей гипотезы о применимости к нему определенного правила производит анализ выбранного для рассмотрения (фиксированного) правила и, исходя из выделенных в правиле признаков, осуществляет затем дробный направленный анализ объекта. При этом он заранее знает, какие признаки он должен искать в объекте, на что в нем надо обращать внимание. При втором типе процесса человек, таким образом, не ждет, что ему «даст» объект, он осуществляет целенаправленный

утверждения к правилу, т. е. переход к предписанию о соответствующих практических действиях.

¹⁶⁰ В грамматике эти преобразования осуществлять легко (например, написать нужную букву, поставить тот или иной знак препинания и т. п.). В других же случаях осуществлять действия, указанные в правиле, отнюдь не легко и им надо специально (и в ряде случаев долго) учиться.

¹⁶¹ Аналогичной, например, той, которая требовалась для распознавания типа предложения (сложносочиненное или простое с однородными членами) на основе признаков, в правиле не указанных.

поиск интересующих его признаков¹⁶².

Обычно у человека с развитым мышлением сочетаются оба типа процессов, в анализе объектов он идет как бы с двух сторон: и от того, что «дает» объект, и от того, что надо в нем найти. Можно однако думать, что первый тип процесса развивается на основе второго. Чем больше у человека опыт целенаправленного детерминированного поиска, тем легче ему осуществлять поиск, внешне не детерминированный.

Если обратиться к практике работы школы, то можно заметить, что основное внимание при обучении часто уделяется тому, чтобы учащиеся хорошо усвоили теоретические положения (определения, законы, теоремы) и соответствующие им правила (алгоритмы преобразования). Иначе обстоит дело с алгоритмами распознавания. Существенным недостатком постановки обучения, как уже отмечалось, является то, что алгоритмам распознавания учащихся нередко либо вообще специально не обучают, либо обучают недостаточно, несистематически или неправильно¹⁶³. Для многих классов задач на распознавание эти алгоритмы, как мы говорили, просто не выявлены, не открыты и не сформулированы. В результате учащиеся, оказываясь перед необходимостью распознать то или иное явление, часто не знают, что и в каком порядке для этого требуется делать, какие надо производить операции, как нужно в данном случае думать, рассуждать¹⁶⁴. Существенно уменьшить трудности учения, снизить количество ошибок при решении задач и вообще поднять эффективность обучения можно только при условии, что учащиеся будут обучать не только алгоритмам преобразования, но и алгоритмам распознавания, что формирование процессов распознавания будет предметом специальной работы учителя.

Большое значение специального обучения учащихся алгоритмам распознавания требует специального исследования этого вида алгоритмов, способов их построения и методов обучения им. Этим вопросам и будет посвящено дальнейшее изложение. Его структура определяется следующим.

Поскольку процесс распознавания связан с выявлением и анализом признаков явлений, необходимо рассмотреть логические и психолого-педагогические аспекты проблем, связанных с понятием признака, и в частности проблему логической структуры признаков, так как структура процесса распознавания определяется в значительной мере именно логической структурой признаков. Поскольку, далее, проверку признаков при распознавании можно вести в разной последовательности (т. е. пользоваться различными алгоритмами распознавания), то возникает вопрос, как определять наиболее рациональную последовательность проверки признаков, наиболее рациональный алгоритм распознавания. Последнюю задачу, по-видимому, нельзя решить на основе только логических и психологических соображений, применяя лишь логические и психологические методы анализа. Здесь требуется использование также и количественных методов. Рассмотрению вопроса о применении количественных методов к расчету оптимальных алгоритмов распознавания посвящен раздел IV.

Заметим, что намеченная здесь последовательность вопросов отражает последовательность построения алгоритмов распознавания. Построение таких алгоритмов складывается из следующих этапов:

1) исходя из определенных логических и психологических соображений, выявляются признаки, на основе которых возможно осуществить распознавание тех или иных явлений;

¹⁶² Различие двух типов процессов ярко выступает, например, при решении геометрических задач на доказательство. При так называемом «синтетическом» (или прогрессивном) методе решения человек исходит из того, что дано. Он анализирует понятия, указанные в данных задачи, и соответствующие геометрические фигуры, пытаясь выявить их свойства и вывести из того, что дано, различные следствия. Он стремится «выжать» из данных все, что возможно. При так называемом «аналитическом» (или регрессивном) методе человек исходит от того, что надо доказать, и проверяет (ищет) только те признаки, при помощи которых можно осуществить доказательство. При первом методе человек в значительной мере исходит из того, что ему «дадут» геометрические объекты, при втором — из того, что ему надо получить в результате доказательства.

¹⁶³ О наличии и значении алгоритмов распознавания учителя в ряде случаев даже не имеют достаточно ясного представления. Это проявляется, например, в следующем. Когда учащиеся делают грамматические ошибки, их часто отсылают к учебнику с требованием выучить или повторить, соответствующие правила. Между тем огромное большинство ошибок учащиеся делают не потому, что не знают правил, а потому, что не умеют распознавать явления, к которым эти правила надо применять, т. е. не владеют алгоритмами распознавания явлений, алгоритмами поиска (и выбора) правил. Не удивительно, что многократное повторение и заучивание правил обычно ничего не дает, — оно несколько не повышает грамотности.

¹⁶⁴ Так, на вопрос, какие необходимо произвести действия, чтобы отличить сложносочиненное предложение от простого с однородными членами, ни один из учеников, которым этот вопрос был задан, не мог указать полного ее става операций. Не удалось это сделать и ряду учителей и методистов, которым был задан тот же вопрос. Неудивительно поэтому, что обучение синтаксису бывает столь несовершенным, а овладение пунктуационной грамотностью сопряжено для учащихся с большими трудностями.

2) определяется логическая структура признаков и строятся соответствующие теоретические утверждения и правила;

3) с помощью определенных количественных методов определяется наиболее рациональная последовательность проверки признаков у явления с целью его распознавания — рациональный алгоритм распознавания.

Можно сказать, что на первых двух этапах решаются задачи качественного характера, на третьем же этапе в решение задачи построения алгоритма вносятся определенные количественные расчеты и оценки.

VIII

ПРИЗНАКИ ЯВЛЕНИЙ. ЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ ПРИЗНАКОВ

§ 1. О ПОНЯТИИ «ПРИЗНАК»

Как мы видели, процесс распознавания представляет собой выявление у объекта определенных признаков, сопоставление их с признаками, данными в определениях и других теоретических утверждениях, и отнесение на этой основе объекта к определенному классу. Как известно, такой способ распознавания является не единственным. Многие вещи человек распознает, не пользуясь определениями и другими теоретическими утверждениями и не зная их (он, например, отличает стул от стола, не зная определений этих предметов). Однако рассмотрение подобных процессов распознавания не входит в задачу настоящей книги¹⁶⁵. Здесь и далее речь пойдет лишь о процессах распознавания, осуществляемых на основе признаков, задаваемых определенными теоретическими утверждениями и в соответствии с этими утверждениями. Обучение теоретическим утверждениям и выработка умений распознавать на их основе определенные предметы, явления и процессы занимает огромное место в школьной практике и в жизни вообще и выступает как важнейшая задача обучения.

Мы говорили о том, что процесс распознавания можно (и во многих случаях целесообразно) алгоритмизировать¹⁶⁶. Но чтобы построить хорошие, рациональные алгоритмы распознавания определенных предметов, надо сначала построить хорошие определения понятий об этих предметах, т. е. найти такие признаки, которые позволили бы осуществлять процесс распознавания не только правильно, но также быстро и легко.

В философии, логике и обыденной речи слово «признак» употребляется в разных смыслах. Часто под признаками понимают такие свойства, качества, состояния предмета, а также отношения между предметами, из знания о наличии или отсутствии которых можно сделать вывод о наличии или отсутствии у предмета (предметов) каких-либо других свойств, качеств, отношений, о существовании каких-либо других предметов и т. п. Например, говорят, что наличие дыма, идущего из трубы, есть признак того, что в доме топится печь; определенной формы следы на снегу есть признак того, что в этом месте проходило животное определенного вида; понижение атмосферного давления — признак надвигающейся грозы, равенство углов при основании треугольника — признак его равнобедренности, покраснение металла — признак его раскаленности и т. п.

В другом, более широком смысле признаками называют вообще любые свойства, качества, отношения предмета к другим предметам — т. е. все то, в чем одни предметы сходны с другими или отличаются от других, что может быть характеристикой предмета в процессе познания и по чему, следовательно, мы можем отличать одни предметы от других.

Под признаками в первом смысле имеют в виду лишь такие признаки, которые служат основаниями для соответствующих выводов. Чтобы выделить эти признаки — а рассмотрение такого рода признаков имеет существенное значение для наших целей — мы будем пользоваться употребляемыми в логике и разъясняемыми ниже понятиями о необходимых и достаточных признаках.

В обычной речи связи признаков между собой, а также явлений, характеризующихся тем или иными признаками, часто выражаются с помощью союза *если ..., то* (вспомним наши примеры: *если* из трубы идет дым, *то* в доме топится печь; *если* на снегу имеются следы определенной формы, *то* здесь проходило животное соответствующего вида и т. п.). Общая форма выражения подобных связей такова: *если a, то b* (в символической форме $a \rightarrow b$), где *a* — это высказывание о наличии (или отсутствии) у того или иного предмета некоторого свойства, качества, состояния, *b* — высказывание о наличии (или отсутствии) у того же самого или иного предмета какого-либо другого свойства, качества, состояния. При наличии такой связи, т. е. в случае истинности сложного высказывания $a \rightarrow b$, говорят, что то, что утверждается в *a* (т. е. наличие или отсутствие определенных свойств или отношений у некоторого предмета или предметов), является **д о с т а т о ч н ы м** признаком того, что утверждается в *b*, или достаточным признаком для заключения о наличии того, что утверждается в *b*. Наличие дыма, идущего из трубы, — достаточный признак того (или для заключения о том), что в доме топится печь, наличие на снегу следов определенной формы — достаточный признак того, что в данном месте проходило животное определенного вида и т. п. Если же при отсутствии утверждаемого в *a*, обязательно отсутствует утверждаемое в *b*, т.

¹⁶⁵ О таких и подобных процессах распознавания (опознавания), осуществляющихся на уровне восприятия, см., например: [638-639], [663-665], [842-843], [846-847].

¹⁶⁶ Вопрос о целесообразности алгоритмизации процессов распознавания; решается в принципе так же, как и вопрос о целесообразности алгоритмизации процессов преобразования (см. главу VI).

е. если верно $\bar{a} \rightarrow \bar{b}$ ¹⁶⁷, то утверждаемое в a является н е о б х о д и м ы м признаком того, что утверждается в b . Например, делимость суммы цифр некоторого числа на три является необходимым признаком делимости этого числа на три, ибо верно то, что если сумма цифр некоторого числа не делится на три, то и само это число не делится на три. Известно, что делимость суммы цифр числа на три является также и достаточным признаком делимости самого числа на три.

Для выражения того, что признак a является достаточным и необходимым для b , употребляют выражение «если и только если a , то b » (в символической форме: $a \leftrightarrow b$), что равносильно конъюнкции двух высказываний: «Если a , то b » и «Если b , то a » $((a \rightarrow b) \& (b \rightarrow a))$ ¹⁶⁸.

Как известно из логики, если истинно высказывание вида $a \rightarrow b$, то истинно также высказывание $\bar{b} \rightarrow \bar{a}$. И наоборот, если истинно второе, то истинно и первое. Это означает, что если a — достаточный признак b , то \bar{b} — достаточный признак \bar{a} . А это, в свою очередь, означает, что b необходимый признак a . Вообще если b является необходимым признаком a , то a оказывается достаточным признаком b .

Одно явление может быть признаком другого в силу наличия: некоторой связи между ними в объективной действительности. Эти связи многообразны. Так, это может быть причинная связь, функциональная связь, просто временное отношение и т. д. Логическая связь типа если..., то представляет собой отражение того общего, что есть в этих различных конкретных видах связи. Например, в суждениях «если нагреть тело, то оно расширится», «если из трубы идет дым, то в доме топится печь» основой логической связи являются причинные связи соответствующих явлений; в суждении «если число два возвести в квадрат, то получится число четыре» такой основой является функциональная связь, а в суждении «если сегодня понедельник, то завтра вторник» — временная связь (последовательность) явлений.

Из всего этого видно, что признаком явления может быть как его причина (нагревание — признак того, что тело расширится, и в то же время причина этого явления), так и его следствие (наличие дыма, идущего из трубы, — признак того, что топится печь, и следствие этого). Признак может и вообще не находиться в причинной связи с явлением (делимость суммы цифр некоторого числа на три является достаточным признаком делимости самого числа на три, но не его причиной).

Признаки предметов и явлений могут быть п р о с т ы м и и с л о ж н ы м и (составными). Сложные признаки можно рассматривать как некоторые логические конструкции (сочетания), построенные из простых признаков с помощью логических операций. Так, ртуть имеет сложный признак «быть жидкостью и металлом»; достаточным признаком принадлежности некоторого числа классу чисел, делящихся на пять, является сложный признак «оканчиваться на пять или на ноль» и т. п. В дальнейшем мы более подробно рассмотрим возможные структуры сложных признаков. Сейчас заметим лишь, что, говоря о необходимых и достаточных признаках тех или иных явлений, мы должны иметь в виду не только простые, но и сложные признаки. Так, в определениях предметов некоторого класса указывается обычно определенная совокупность признаков. Эта совокупность признаков может рассматриваться как один сложный признак, представляющий собой конъюнкцию простых признаков, или их дизъюнкцию, или конструкцию, образованную путем использования и конъюнкции и дизъюнкции, а может быть, и других операций логики. Если определение построено правильно, а простые признаки соединены конъюнктивно, то такой сложный признак является достаточным для отнесения того или иного предмета к соответствующему классу, а каждый из соответствующих его простых признаков является необходимым для этого. Сказанное можно выразить иначе, сказав, что совокупность конъюнктивно связанных признаков, указываемых в определении, является достаточной для отнесения предмета к определенному классу, а каждый из признаков этой совокупности — необходимым для этого. Вообще, если верно, например, высказывание $a \& b \leftrightarrow c$, то сложный признак $a \& b$ (или, иначе, совокупность признаков a, b) является достаточным (и, конечно, необходимым, так как мы имеем дело с определением) признаком c , а каждый из составляющих его простых признаков a, b является необходимым (но недостаточным) признаком c . С другой стороны, если верно, что $a \vee b \leftrightarrow c$ (где \vee обозначает **или**), то каждый из признаков a, b является достаточным признаком c , но ни a , ни b не являются по отдельности необходимыми признаками c . Необходимым признаком является лишь их дизъюнкция.

На основе знания достаточных и необходимых признаков мы можем распознавать предметы, делать выводы о явлениях. При этом с помощью признаков мы можем распознавать предметы (явления),

¹⁶⁷ \bar{a} означает отрицание a (т. е. утверждение: неверно, что a); аналогично для \bar{b} .

¹⁶⁸ a и b в составе сложного высказывания $a \leftrightarrow b$ являются также высказываниями. Это сложное высказывание выражает то обстоятельство, что утверждаемое в a является достаточным и необходимым признаком того, что утверждается в b (и наоборот). Для упрощения дела утверждаемое в a и b явления мы также обозначаем через a и b и потому говорим, что это высказывание выражает то обстоятельство, что a является необходимым и достаточным признаком b (и наоборот).

которые мы не воспринимаем (а иногда и вообще не можем воспринять) посредством органов чувств. Признаки, таким образом, создают возможность опосредствованного познания.

§ 2. ОТБОР ПРИЗНАКОВ. НЕКОТОРЫЕ КРИТЕРИИ ОТБОРА

Каждый предмет имеет различные признаки. Благодаря этому его можно обычно определить не каким-то одним способом, а различными. Кроме того, признаки предмета могут указываться не только в определениях, но и в других теоретических утверждениях, например в теоремах. Наличие у предмета различных признаков, многие из которых могут быть и достаточными, позволяет распознавать его различными способами. Вспомним, например, три признака равенства треугольников и отсюда три способа установления этого равенства; пять признаков параллелограмма и соответственное количество способов их распознавания; различные признаки северной, южной и других сторон света, дающие возможность при ориентировании на местности различными способами их распознавать и т. д. Разные признаки можно взять в качестве основы для распознавания и в грамматике.

В связи со сказанным, при построении определений и других теоретических утверждений, на которых базируются алгоритмы распознавания, возникают следующие вопросы: какие признаки из всех возможных целесообразно класть в основу определений и других теоретических утверждений, описывающих предметы и явления с целью их отличия от других предметов и явлений¹⁶⁹, каковы критерии отбора таких признаков, требования к ним, каковы, иначе говоря, особенности «хороших» и «плохих» признаков.

Как известно, среди множества признаков, которыми характеризуется тот или иной предмет, одни присущи этому предмету всегда, другие же иногда у предмета имеются, а иногда отсутствуют. В определениях стремятся выделить необходимо присущие предмету и наиболее существенные его признаки. Однако для построения алгоритмов распознавания важно прежде всего, чтобы указываемые признаки были достаточными для выделения интересующих нас предметов, причем достаточными могут быть в ряде случаев не только существенные признаки, но и несущественные¹⁷⁰.

Существенность признаков — это свойство, так сказать, онтологическое, связанное с природой и существованием самого предмета. Но признаки можно рассматривать не только с точки зрения их существенности для существования предмета, но и с точки зрения их значения для процесса познания (и распознавания) предмета. Это, так сказать, гносеологические (и психологические) свойства признаков.

Поскольку в процессе обучения важно учитывать не вообще гносеологические и психологические свойства признаков, а свойства, взятые с точки зрения задач обучения, то правомерно говорить также о психолого-дидактических свойствах признаков.

Психолого-дидактические свойства признаков не имеют значения для построения алгоритмов, по которым работают электронные вычислительные машины (эти свойства поэтому не рассматриваются ни математикой, ни логикой, ни кибернетикой), но они имеют существенное значение для построения алгоритмов в целях обучения. Признаки, на основе которых строятся алгоритмы в целях обучения, должны удовлетворять определенным психологическим и дидактическим требованиям, и важно по возможности четко эти требования сформулировать.

Одно из основных требований, которому должны удовлетворять признаки, отбираемые для построения определений и других теоретических утверждений в целях построения в дальнейшем соответствующих алгоритмов распознавания, — это возможность их операционного выявления, т. е. выявления посредством некоторых — причем достаточно элементарных — операций. Говоря другими словами, от признаков требуется, чтобы для них существовали операции, посредством которых эти признаки можно выявлять. При этом операции должны быть таковы, чтобы их можно было точно указать и чтобы им можно было научить.

Есть признаки, которые распознаются путем элементарных рецептивных актов. Так, для того чтобы распознать цвет предмета, человеку, знающему цвета и обладающему нормальным зрением, достаточно лишь посмотреть на предмет. Сенсорный контакт с предметом есть то действие, посредством которого распознается цвет предмета. Естественно поэтому, что цвет предмета следует рассматривать как операционно выявляемый признак. Для выявления этого признака можно указать операцию: «посмотри на предмет», и признак будет распознан. Возможность однозначного распознавания заложена

¹⁶⁹ Вспомним приводившееся выше (стр. 143-144) высказывание Д. П. Горского и П. В. Таванца о двух функциях понятия в мышлении.

¹⁷⁰ Человека, например, обычно легче опознать по некоторым внешним признакам, чем по признакам, выражающим его более глубокие и важные особенности. В биологии некоторые виды растений и животных отличаются на основе описаний, в которых перечисляются внешние, чувственно воспринимаемые черты и т. д.

в данном случае в самой анатомо-физиологической структуре зрительного анализатора и в наличии элементарной ассоциации между цветом и его названием. Для распознавания других признаков элементарных рецептивных актов оказывается недостаточно и необходимо осуществление мыслительных актов (операций).

Следующим требованием, которому должны удовлетворять признаки, используемые для построения определений и других теоретических утверждений (а также алгоритмов), является их *известность* для обучающихся. Надо стремиться к тому, чтобы признаки, которые кладутся в основу теоретических утверждений и алгоритмов, не требовали для своего понимания и оценки указания каких-то других признаков. Если же эти признаки известными не являются, то они не могут служить средством распознавания. Если, например, существо некоторого предмета x раскрывается через признаки a и b , а что такое a и b человек не знает (или эти признаки очень неопределенны), то естественно, что пользоваться этими признаками он не сможет. Знание этих признаков будет чисто словесным, формальным.

Если обратиться к практике обучения, то мы увидим, что в ряде случаев учащимся указываются признаки, которые сами требуют специального раскрытия, а иногда вообще не являются достаточно ясными и определенными.

Известность признаков является такой их особенностью, которая зависит от опыта учащихся, уровня их развития и подготовки. При построении определений и сообщении учащимся признаков нельзя поэтому исходить только из того, как то или иное понятие раскрывается в науке. Надо обязательно учитывать и то, насколько ясны и известны учащимся данного возраста и класса те признаки, посредством которых раскрывается содержание новых понятий.

В овладении понятиями существует определенная ступенчатость, определенная последовательность уровней. Самая первая ступенька — это когда неизвестное a (а также b , c и т. д.) раскрывается через очевидные (т. е. чувственно-воспринимаемые или вообще каким-либо образом известные из опыта¹⁷¹) признаки $\alpha, \beta, \gamma \dots$: a есть $\alpha, \beta, \gamma \dots$. Неизвестное, раскрытое через очевидное или известное, само становится известным, и новое неизвестное A (а также B , C и т. д.) может раскрываться теперь через ранее раскрытые признаки $a, b, c \dots$. Это вторая ступенька. Новое неизвестное U можно теперь раскрывать через известные уже признаки $A, B, C \dots$. Это третья ступенька и т. д.

Важно учитывать, что содержание нового понятия можно раскрыть обычно с помощью признаков разного уровня, разной степени конкретизации. Надо стремиться свести любые новые понятия к признакам, уже известным ученикам на данном уровне их развития и по возможности очевидным, что осуществляется посредством цепи конкретизации. Процесс этот можно изобразить так: U есть A, B, C, \dots ; A есть a, b, c, \dots ; B есть a_1, b_1, c_1, \dots ; \dots ; a есть $\alpha, \beta, \gamma, \dots$; b есть $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \dots$; \dots ; $\alpha, \beta, \gamma, \dots, \alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \dots$ уже известно или очевидно, т. е. может быть выявлено посредством некоторой элементарной операции и однозначно оценено.

Правильное с дидактической точки зрения определение предполагает неременный учет «ступеньки», на которой находятся учащиеся, и раскрытие содержания нового понятия с помощью признаков соответствующего уровня, т. е. ясных и известных для учащихся данного возраста и класса. Если же это невозможно и содержание новых понятий приходится раскрывать через признаки, учащимся неизвестные, не соответствующие той «ступеньке», на которой они находятся, то оказывается необходимым раскрыть сами эти неизвестные признаки, сведя их к признакам известным.

Заметим, что признаки определенного предмета иногда можно выявить, определив применимость к данному предмету определенных действий. Признаки задаются в данном случае следующим образом. Если к некоторому данному предмету x можно применить некоторое данное действие, то данный предмет x обладает определенным признаком (скажем, a) и принадлежит к такому-то классу. Если же к данному предмету этого действия применить нельзя, то он не обладает и признаком a и к данному классу не принадлежит. Признаком именно такого рода является, например, возможность постановки определенных вопросов к словам. Постановка вопроса — это действие. И когда мы, например, говорим, что «именами прилагательными называются слова, которые обозначают признаки предметов и отвечают на вопросы *какой? чей?*», то одним из признаков того, что данное слово (например, *розовый*) — прилагательное, является применимость к нему вопроса *какой?* При этом предполагается, что самую применимость вопроса (действия вообще) человек умеет оценивать, что у него сформированы

¹⁷¹ В современной логике рассматривается вопрос о том, можно ли свести все понятия к конкретным, чувственно воспринимаемым признакам (к эмпирическим понятиям) или нет. Вопрос этот не получил окончательного решения. Тем не менее, когда мы хотим построить некоторый алгоритм распознавания, мы стремимся к такому сведению.

те знания и опыт, которые позволяют ему однозначно квалифицировать применимость действия к объекту.

Назовем условно признаки, которые состоят в применимости к предмету определенных действий, признаками, задаваемыми в виде приемов. Признаки, задаваемые в виде приемов, можно рассматривать как частный случай признаков, задаваемых конструктивно (операционно). Признаки (и вообще объекты) можно определять не только через род и видовые отличия (а также некоторыми другими способами, известными из традиционной логики), но и посредством указания некоторых операций: *a* есть то, что получится, если с предметом *x* произвести такие-то действия. Это операционное определение. Операционные определения в настоящее время начинают играть в науке все большую роль. Они должны, очевидно, занять соответствующее место и в школьном обучении.

Следующим требованием к признакам (связанным с предыдущими требованиями) является их **о д н о з н а ч н о с т ь**.

Одна из задач, возникающих при построении определений и других теоретических утверждений (в дальнейшем, как мы увидим, и алгоритмов), состоит в том, чтобы из всех возможных признаков изучаемого явления выбрать такие, которые дают возможность распознать явление наиболее надежно.

Признаки в этом отношении обычно являются неодинаковыми. Лак, например, если надо по описанию найти незнакомого человека, то сделать это можно надежнее в том случае, если указаны такие признаки, как рост, одежда, цвет волос. Если же указаны такие признаки, как выражение лица, манера держаться и т. п., то по ним с достоверностью опознать человека труднее.

Признаки первого рода легко измеримы (например, рост) и точно различимы (например, в пальто — без пальто, блондин — брюнет). На их выявление и оценку не влияют (или очень мало влияют) психологические особенности того человека, который эти признаки выявляет и оценивает, характер его представлений, уровень интеллектуального развития. У хорошо видящих людей не может быть разных мнений по поводу того, в пальто или без пальто стоящий перед ними человек, брюнет он или блондин. Но у них могут быть разные мнения и оценки, например, его манеры держаться. Выявление и оценка этого — и подобных ему признаков — в большой мере зависят от субъективных особенностей воспринимающего: его понятий, представлений, опыта и т. д.

Назовем признаки, которые легко различимы, точно дифференцируются и в основном одинаково оцениваются всеми людьми, **о д н о з н а ч н ы м и**: эти признаки для всех (или почти всех) людей означают одно и то же, их выявление и оценка обычно одинаковы у всех воспринимающих и не зависят или в незначительной степени зависят от их психологических особенностей. Признаки же, которые могут быть истолкованы по-разному, выявление и оценка которых зависит от субъективных особенностей людей, мы будем называть **н е о д н о з н а ч н ы м и**.

Надо при этом сказать, что понятие однозначности не абсолютно. С одной стороны, между многими явлениями нет резких граней и часто имеются переходные стадии и состояния, которые могут оцениваться по-разному. С другой, — неоднозначные признаки благодаря обучению и воспитанию могут приобретать для различных людей однозначность. Одна из задач обучения и воспитания состоит, между прочим, в том, чтобы выработать у учащихся такие представления и понятия, которые позволили бы однозначно оценивать определенные явления. Это, конечно, вовсе не означает, что в процессе обучения и воспитания надо нивелировать индивидуальные особенности личности, ее индивидуальное своеобразие.

Совершенно очевидно, что обучение может быть успешным только в том случае, если учащимся даются по возможности однозначные признаки предметов и явлений. Если же этого нет, то признаки не выполняют своей ориентирующей функции и в действиях учащихся появляется разноречивость: одни оценивают тот или иной признак (а потому и явление) по одному, другие — по-другому.

Если с этой точки зрения проанализировать признаки, которые иногда даются учащимся (например, в учебнике русского языка) и которым их учат, то мы увидим, что некоторые из них не удовлетворяют указанному требованию, а потому являются несовершенными.

Так, в стабильном учебнике русского языка [533] дается такое определение безличного предложения: «Безличным называется предложение с одним главным членом — сказуемым, при котором нет и не может быть подлежащего». Если признак «нет подлежащего» является однозначным, то второй признак («не может быть подлежащего») однозначным не является, и это в ряде случаев приводит учащихся к ошибкам.

Так, одна ученица предложение *Слепит глаза* не отнесла к безличным, так как, сказала она, в него можно вставить подлежащее *свет*: *Свет слепит глаза*.

Другая ученица не отнесла к безличным предложение *Грузовик бросает на ухабах*, сказав, что сюда можно вставить подлежащее *какая-то сила*.

Э к с п. Какая же это сила?

И с п. Ведь сам себя он не бросает. Что-то же его бросает. Это и будет подлежащим.

Количество подобных примеров можно было бы увеличить. Предложения, в которые, с точки зрения грамматически развитого мышления взрослого человека, подлежащего вставить нельзя, воспринимаются некоторыми учащимися как такие, в которые подлежащее вставить можно и которые поэтому, с их точки зрения, не являются безличными. Следовательно, признак «не может быть подлежащего» не является однозначным, а потому и «хорошим». Использование этого признака не только не гарантирует от ошибок, но в ряде случаев приводит к ним.

Наконец, еще одним требованием к признакам, на котором мы остановимся¹⁷², является требование предельно возможной легкости их выявления, удобства оперирования ими. Так, например, признак, выявление которого у предмета требует более грубой дифференцировки, легче признака, выявление которого требует более тонкой дифференцировки. Очевидно, при прочих равных условиях класть в основу определений и других теоретических утверждений нужно такие признаки, которые психологически более легко выявляемы. Это свойство признаков является, казалось бы, весьма неопределенным. Однако, как мы покажем далее, можно указать критерий, который позволит сравнивать признаки по этому свойству. Им является среднее время выявления (или проверки) признака.

Мы рассмотрели некоторые психолого-дидактические требования к признакам, отбираемым для формулирования определений и других теоретических утверждений, на основе которых должны строиться алгоритмы распознавания. Известно, однако, что распознавание редко осуществляется путем проверки у предмета о д н о г о какого-либо признака. Как правило, для распознавания предмета необходимо проверить наличие у него н е с к о л ь к и х признаков — некоторый их к о м п л е к с , некоторую с и с т е м у. Иначе говоря, приходится иметь дело со сложными признаками. В связи с этим возникает вопрос о возможных структурах сложных признаков и принципах оперирования ими.

§ 3. ПОНЯТИЕ ЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПРИЗНАКОВ. ТИПЫ ЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР ПРИЗНАКОВ

Возьмем два определения из учебника синтаксиса [532]¹⁷³. «Однородными называются такие члены предложения, которые отвечают на один и тот же вопрос и относятся к одному члену предложения».

«Неполными называются такие предложения, у которых пропущен главный или второстепенный член предложения».

И в том и в другом определении указывается по два признака, но признаки эти связаны между собой неодинаково. В чем это выражается?

Вычленим признаки из определений, пронумеруем их и выпишем один под другим. Поставим вопрос: каким союзом они связаны? Очевидно, что признаки однородных членов связаны союзом **и**, признаки же неполных предложений — союзом **или**.

Однородными называются такие члены предложения, которые

1) отвечают на один и тот же вопрос

и

2) относятся к одному и тому же члену предложения.

Неполными называются такие предложения, у которых

1) пропущен главный член предложения

или

2) пропущен второстепенный член предложения.

Каждый из признаков, указанных в первом определении, является необходимым, но не является достаточным. Достаточным, признаком однородных членов является лишь сочетание необходимых признаков, их совокупность. Признаки же, данные во втором определении, наоборот, не являются необходимыми, однако каждый из них является достаточным. В самом деле, чтобы какое либо предложение (например, второе в диалоге: *Вы идете сегодня в театр?— Иду.*) было неполным, совсем нет надобности, чтобы у него имелись оба признака (как в случае, когда признаки связаны союзом **и**). Достаточно наличия хотя бы одного признака из двух.

Анализ признаков самых разнообразных явлений (не только грамматических) показывает, что признаки внутри комплексов всегда определенным образом между собой логически связаны. Эти связи осуществляются посредством различных логических связей (операторов), к числу которых относятся

¹⁷² В настоящем параграфе не ставится задача дать исчерпывающий перечень требований к признакам.

¹⁷³ В последнем переработанном стереотипном издании учебника эти определения несколько изменены, но для нас это сейчас не имеет значения.

встречающиеся в только что рассмотренных примерах союзы **и** и **или**¹⁷⁴. Если признаки связаны, например, логическим союзом **и**, то, чтобы сделать на основании этих признаков положительный вывод о принадлежности предмета к определенному классу, необходимо, чтобы у него имелся каждый из признаков, необходимо в процессе распознавания проверить наличие каждого из них. Если же признаки связаны логическим союзом **или**, то для положительного вывода достаточно наличия у предмета хотя бы одного из них.

Часто бывает так, что одни признаки связаны между собой союзом **и**, а их (конъюнктивно образованные) группы — союзом **или** или, наоборот, признаки связаны союзом **или**, а их (дизъюнктивно образованные) группы — союзом **и**. В качестве примера могут быть указаны признаки обособления согласованных определений и признаки глагола¹⁷⁵.

Обособляются согласованные определения, которые

I.

1) выражены причастиями или прилагательными с зависимыми словами

и

2) стоят позади определяемого существительного

ИЛИ

II.

1) не имеют зависимых слов (если таких определений имеется два или более)

и

2) стоят позади определяемого существительного

ИЛИ

III.

1) относятся к личному местоимению

ИЛИ

IV.

1) выражены причастиями или прилагательными с зависимыми словами

и

2) стоят впереди определяемого существительного

и

3) говорящий придает им причинное или уступительное значение.

Признаки, обозначенные римскими цифрами I, II, IV — сложные, составные; они представляют собой сочетания более простых признаков. Чтобы обособить то или иное определение, достаточно наличия у него хотя бы одного из сочетаний признаков. Признаки, входящие в сочетания, связаны союзом **и**. Чтобы обособить определение на основе какого-либо одного из сочетаний, необходимо проверить наличие у него всех признаков, входящих в это сочетание.

Мы привели пример, когда сочетания (группы) признаков связаны союзом **ИЛИ**, а признаки, входящие в каждое из сочетаний, связаны союзом **и**. Приведем противоположный пример.

Глаголами называются слова, которые

I.

1) обозначают действие

или

2) обозначают состояние

И

II

1) отвечают на вопрос что д е л а т ь ?

или

2) отвечают на вопрос что с д е л а т ь ?

Составные признаки, обозначенные римскими цифрами, являются здесь необходимыми (они связаны союзом **и**), а те признаки, из которых состоят эти необходимые признаки — достаточными для необходимых (т. е. достаточными для самих признаков I, II).

Связь признаков тем или иным логическим союзом, показывающим внутренние отношения признаков, мы будем называть л о г и ч е с к о й с т р у к т у р о й п р и з н а к о в , а тот способ записи,

¹⁷⁴ Эти союзы (связки) называются л о г и ч е с к и м и , потому что грамматически они могут выражаться различными союзами (*а, но, да, как..., так и, либо* и т. д.).

¹⁷⁵ Приводимые схемы признаков составлены на основе соответствующего правила и определения, приводимых в стабильном учебнике [533].

который мы применили (выписывание каждого признака на отдельной строке, указание его номера, а также союза, соединяющего его с другими признаками) - л о г и ч е с к о й с х е м о й п р и з н а - к о в ¹⁷⁶.

Для последующего анализа явлений полезно выделить два исходных типа структур признаков: первый тип, когда признаки связаны союзом **и** (конъюнктивно), и второй, когда они связаны союзом **или** (дизъюнктивно).

Союз **или**, как логический союз, употребляется в речи в двух основных смыслах: в нестрого разделительном и альтернативном. Высказывание вида «*a* или *b*», когда **или** употреблено в нестрого разделительном смысле, означает: какая-то из двух указанных возможностей *a*, *b* обязательно имеет место, но не исключено, что имеет место та и другая возможность вместе (вопрос о том, может ли иметь место то и другое одновременно, остается в высказывании открытым). Союзом **или** (в этом смысле) может быть связано и больше членов, чем два. При употреблении **или** в альтернативном (строго разделительном) смысле высказывание «*a* или *b*» имеет смысл: имеет место лишь одна из указанных возможностей. Более точно высказывание в этом случае можно выразить в форме: «*a* или *b* и только одно из двух». Иногда в таких случаях вместо «или» пользуются словом «либо» (*a* либо *b*).

Логический союз **или** в нестрого разделительном (соединительно-разделительном) смысле в логике довольно точно описывается операцией (слабой) дизъюнкции.

Выражение вида $a_1 \vee a_2$ является, согласно определению (слабой) дизъюнкции, истинным, если истинно хотя бы одно из высказываний a_1 , a_2 . Аналогично выражение $a_1 \vee a_2 \vee \dots \vee a_n$ (скобки, определяющие порядок выполнения операций дизъюнкции, опущены в связи с коммутативностью и ассоциативностью этой операции) истинно в случае, если истинно хотя бы одно из высказываний a_1 , a_2 , ..., a_n .

Логический союз **или** в альтернативном смысле при двух членах совпадает операцией строгой дизъюнкции. Выражение вида $a_1 \dot{\vee} a_2$ является, согласно определению этой операции, истинным тогда, и только тогда, когда одно из двух высказываний a_1 , a_2 истинно, а другое ложно. Положение, однако, меняется, если альтернативное **или** связывает более чем два члена. Если имеется суждение «*a*₁ или *a*₂, или *a*₃, ..., или *a*_k», в котором **или** имеет альтернативный смысл, то оно — как показывают многочисленные языковые примеры — означает следующее: верно одно, и только одно, из суждений a_1, a_2, \dots, a_k . Строгая же дизъюнкция — для случая более чем двух членов — не имеет этого смысла и поэтому не может служить для передачи многочленных разделительных суждений с альтернативным **или**. Последние передаются формулами вида:

$$(a_1 \vee a_2 \vee \dots \vee a_l) \& \overline{a_1} \& \overline{a_2} \& \overline{a_1} \& \overline{a_3} \& \dots \& \overline{a_{l-1}} \& \overline{a_l}^{177}.$$

Нестрогое **или** является более гибким, с точки зрения возможностей его применения, чем **или** альтернативное (строго разделительное).

Естественно различать вопросы: что высказывается о тех или иных событиях (явлениях) и что представляют собой сами эти события. В действительности события (или высказывания) *a*, *b* могут исключать друг друга, но мы можем не знать этого или нам нужно подчеркнуть только то, что одно из них обязательно имеет место (истинно). В таких случаях мы употребим нестрого разделительное **или**. Например, можно сказать, что обстоятельство образа действия обозначает способ действия или степень действия, имея в виду нестрого разделительное **или**. Но в данном случае верно будет также и более сильное высказывание: «Обстоятельство образа действия обозначает способ действия или степень действия, и только одно из двух», так как в каждом конкретном случае указанные возможности исключают друг друга. Но в определении «Неполным называется такое предложение, в котором пропущен главный или второстепенный член» союз **или** должен пониматься только в нестрого разделительном смысле, поскольку в действительности пропуск главного члена в неполном предложении не исключает того, что в нем может быть одновременно пропущен и второстепенный член.

Мы будем в дальнейшем везде употреблять **или** в нестрого разделительном смысле, за исключением случаев, которые будут специально оговорены.

Логические структуры признаков экономно и наглядно выражаются на языке символической логики. Описание признаков и их структур можно осуществить двумя способами: на языке логики высказываний и на языке логики предикатов.

Логика высказываний составляет раздел современной логики (в том числе логики предикатов), в котором исследуются формы выводов из сложных высказываний, составляемых из некоторых элементарных посредством л о г и ч е с к и х с в я з о к (союзов) **и**, **или**, **если...**, **то** и о т р и ц а н и я (не; неверно, что). В качестве элементарных принимаются высказывания, которые рассматриваются только в целом (их внутренняя структура не учитывается). Таким образом, в этом разделе логики не анализируется связь понятий внутри суждений, не рассматривается субъектно-предикатная структура простых суждений. В логике же предикатов учитывается структура не только сложных суждений (высказываний), но и субъектно-предикатная структура простых высказываний и

¹⁷⁶ Эти понятия надо различать, потому что логическую структуру признаков можно выразить не только в виде логической схемы признаков, но и другими способами, например записать ее символически в виде определенной формулы.

¹⁷⁷ Сопоставление строгой дизъюнкции с альтернативным «или» естественного языка и обоснование приведенных утверждений содержится в заметке Б. В. Бирюкова к брошюре [82].

изучаются формы выводов, в которых играет роль эта внутренняя структура высказываний. Например, высказывание о принадлежности признака a некоторому предмету x можно выразить, как уже говорилось, в форме « x есть a » или $a(x)$, как это принято в символической логике. Используя символы $\&$, \vee , \rightarrow соответственно вместо логических союзов **и**, **или**, **если..., то** и понимая под x некоторое слово, можно записать приведенное выше определение глагола в следующем виде: « x есть глагол \overrightarrow{Df} (x означает действие \vee x означает состояние) $\&$ (x отвечает на вопрос что д е л а т ь ? \vee x отвечает на вопрос что с д е л а т ь ?)»¹⁷⁸. Или в другой записи: «Глагол (x) \overrightarrow{Df} (Означает действие (x) \vee Означает состояние (x)) $\&$ (Отвечает на вопрос что д е л а т ь ? (x) \vee Отвечает на вопрос что с д е л а т ь ? (x))».

Или, обозначив признаки в том порядке, как они перечислены, соответственно через $a, b_1 b_2, \dots, b_n$, получим:

$$a(x) \overrightarrow{Df} (b_1(x) \vee b_2(x)) \& (b_3(x) \vee b_4(x))^{179}.$$

Здесь мы воспользовались языком логики предикатов. Но, отвлекаясь от внутренней структуры высказываний $a(x)$, $b_1(x)$ и т. д. и обозначив их через a_1, b_1 и т. д., мы можем выразить то же самое в виде формулы логики высказываний:

$$a \overrightarrow{Df} (b_1 \vee b_2) \& (b_3 \vee b_4).$$

Использование языка логики предикатов обеспечивает возможность более детального и точного выражения признаков и их структур. Применение этого языка особенно важно, когда в качестве признаков предмета берутся отношения этого предмета к другим предметам. Например, признак, состоящий в делимости некоторого числа x на 5 можно выразить в форме «делится ($x, 5$)», что означает высказывание « x делится на 5»; признак «делится на какое-нибудь число» в форме « $\exists y$ делится (x, y), где \exists — квантор существования, соответствующий слову «некоторые» в обычном языке; все выражение в целом представляет собой высказывание «существует число y такое, что x делится на y ».

Рассмотрим несколько примеров из грамматики.

Возьмем приведенное выше определение однородных членов предложения: «Однородными называются члены предложения, которые отвечают на один и тот же вопрос и относятся к одному члену предложения». Для того чтобы облегчить перевод этого определения на язык логики предикатов, сформулируем его более точно: «Члены некоторого предложения x и y называются однородными, если и только если существует вопрос v такой, что x отвечает на этот вопрос и y отвечает на тот же вопрос, и в предложении есть такой член z , к которому относятся x и y ».

В символической форме:

Однородные члены $(x, y) \overrightarrow{Df} \exists v$ (Отвечает (x, v) $\&$ Отвечает (y, v)) $\& \exists z$ (Относится (x, z) $\&$ Относится (y, z)).

Сложный признак однородных членов, состоящий в том, что они отвечают на один и тот же вопрос, можно рассматривать как простой, отвлекаясь от его внутренней структуры (обозначим его буквой a); то же касается признака «относиться к одному и тому же члену предложения» (обозначим его буквой b). В таком случае данное определение можно записать так:

Однородные члены $(x, y) \overrightarrow{Df} a(x, y) \& b(x, y)$.

Для записи определения на языке логики высказываний обозначим высказывание «члены предложения являются однородными» через Och , высказывание «эти члены отвечают на один и тот же вопрос» — через a , а высказывание «эти члены относятся к одному и тому же члену предложения» — через b . В результате получим:

$$Och \overrightarrow{Df} a \& b.$$

Как видим, это выражение уже не раскрывает структуры определения (и отдельных его частей) столь детально, как первое. Однако во многих случаях запись на языке логики высказываний вполне достаточна. Перевод выражений обычного языка на символический язык логики высказываний и чтение формул на этом языке осуществляется, конечно, значительно проще, чем перевод на язык логики предикатов и чтение на нем.

Запишем символически определение неполного предложения. Для этого прежде всего выразим это определение в форме условного суждения (с помощью союза **если ..., то**): «Если и только если y некоторого предложения x пропущен главный член предложения (признак a) или пропущен второстепенный член предложения (признак b), то такое предложение x называется неполным (H)».

На языке логики предикатов запись будет выглядеть так:

$$a(x) \vee b(x) \overrightarrow{Df} H(x)^{180}.$$

¹⁷⁸ Мы говорим здесь «означает», а не «обозначает», так как термин «обозначать» применяется в логике только к именам (языковым выражениям, именующим объекты), но не к переменным, каковой в данном случае является буква x (см.: А. Чёрч [175], Введение). Буквы Df , под стрелками означают «по определению».

¹⁷⁹ Более точная запись этого определения такова: $\forall x (a(x) \overrightarrow{Df} (b_1(x) \vee b_2(x)) \& (b_3(x) \vee b_4(x)))$.

Знак \forall обозначает квантор общности ($\forall x$ значит «для всех x », в данном случае: для любого слова). Однако, поскольку определения всегда относятся ко всем предметам некоторого класса, мы можем для упрощения записи опускать квантор общности. Мы также будем опускать квантор общности при записи тех правил, которые указывают способ действия относительно всех предметов некоторого класса.

¹⁸⁰ До сих пор мы записывали определения, ставя, как это обычно принято, определяемую часть слева. Однако,

На языке логики высказываний запись приобретет такой вид:

$$a \vee b \overrightarrow{Df} H$$

Заметим следующее. Буквой a мы обозначили признак «главный член предложения пропущен», а буквой b — признак «второстепенный член пропущен». Можно было бы, однако, буквами a и b обозначить не пропуск главных и второстепенных членов предложения, а их наличие. Тогда пропуск главного члена надо было бы обозначить \bar{a} , а пропуск второстепенного члена — \bar{b} . Выражения в этом случае приобрели бы такой вид:

$$\overline{a(x)} \vee \overline{b(x)} \overrightarrow{Df} H(x), \\ \bar{a} \vee \bar{b} \overrightarrow{Df} H.$$

Запишем символически правило обособления согласованных определений, выделив в нем жирным шрифтом часть логических союзов **и** и **или**. В условной форме оно будет звучать так: «Если согласованное определение x выражено причастием или прилагательным с зависимыми словами (a) **и** стоит позади определяемого существительного (b), **ИЛИ** не имеет зависимых слов (если таких определений имеется два или более) (c) **и** стоит позади определяемого существительного (b), **ИЛИ** относится к личному местоимению (d), **ИЛИ** выражено причастием или прилагательным с зависимыми словами (a) **и** стоит впереди определяемого слова (\bar{b})¹⁸¹ **и** говорящий придает ему причинное или уступительное значение (e), то такое определение x обособляется (O)».

На языке логики предикатов:

$$(a(x) \& b(x)) \vee (c(x) \& b(x)) \vee d(x) \vee (a(x) \& \overline{b(x)} \& e(x)) \rightarrow O(x)^{182}.$$

На языке логики высказываний:

$$(a \& b) \vee (c \& b) \vee d \vee (a \& \bar{b} \& e) \rightarrow O.$$

Заметим, что признак «согласованное определение выражено причастием или прилагательным с зависимыми словами» мы рассматривали как один (простой) признак и обозначали его одной буквой a . Но этот признак можно рассматривать и как сложный; в нем, по существу, два признака, соединенных союзом **или**: «выражено причастием с зависимыми словами» или «выражено прилагательным с зависимыми словами». Признак a , таким образом, можно разбить на два признака, которые мы обозначим буквами p и q . То же самое надо сказать о признаке «говорящий придает им причинное или уступительное значение», который мы обозначили буквой e и рассматривали как один (простой) признак. Между тем здесь тоже два признака «говорящий придает им причинное значение» или «говорящий придает им уступительное значение». Обозначим их буквами r и s ¹⁸³.

При этих уточнениях правило приобретает такой вид:

$$[(p(x) \vee q(x)) \& b(x)] \vee [c(x) \& b(x)] \vee d(x) \vee [(p(x) \vee q(x)) \& \overline{b(x)} \& (r(x) \vee s(x))] \rightarrow O(x), \\ [(p \vee q) \& b] \vee [c \& b] \vee d \vee [(p \vee q) \& \bar{b} \& (r \vee s)] \rightarrow O.$$

Значение символической записи определений и правил состоит в том, что символика помогает выявить и сделать наглядной как логическую структуру признаков, так и структуру определений и правил в целом. К тому же при попытках выявить точно эту структуру часто обнаруживается нечеткость и просто неправильность имеющихся в учебниках отдельных определений и правил. Исходя, например, из таких определений, часто бывает невозможно уяснить суть соответствующих явлений, отличать одни явления от других и однозначно их распознавать. Между прочим, только после выявления логических структур признаков явлений и точного их описания (в том числе на языке символической логики) становится ясным, насколько эти структуры подчас сложны, какую огромную мыслительную ра-

поскольку в этой работе определения нас интересуют прежде всего как основание для распознавания явлений, мы будем писать их в дальнейшем, ставя определяемую часть справа. Заметим также следующее. Признаки в левой части приведенной формулы обозначены малыми латинскими буквами. В связи с этим признак «быть неполным предложением», указанный в правой части формулы, следовало бы также обозначить буквой этого алфавита. Однако, чтобы облегчить чтение и понимание формул, здесь и далее признаки подобного рода мы будем обозначать русскими буквами, используя для этого первые буквы (заглавные) соответствующих русских слов.

¹⁸¹ Если признак «стоять позади определяемого слова» мы обозначали через b , то признак «стоять впереди определяемого слова» естественно обозначить через \bar{b} , так как «впереди» в данном случае означает «не позади».

¹⁸² Поскольку данная формула представляет собой запись не определения, а правила, то стрелка идет в одну сторону. Чтобы можно было поставить стрелку в другую сторону, необходимо, чтобы имело место обратное положение (ср.: обратная теорема). Правомерность же обратного положения надо в каждом отдельном случае всегда особо устанавливать.

¹⁸³ Признаки «определение выражено причастием с зависимыми словами» и «определение выражено прилагательным с зависимыми словами» мы рассматриваем (каждый) как единые и обозначаем их (каждый) одной буквой, хотя и их можно расчленивать на составляющие их более простые признаки. То же самое надо сказать относительно признака «определения не имеют зависимых слов (если таких определений имеется два или более)».

боту приходится проделывать учащимся, чтобы овладеть грамматикой и правильно решать грамматические задачи. Становится также понятным, почему усвоение грамматики вызывает у учащихся такие большие трудности, почему так велика неуспеваемость по русскому языку. Логические структуры признаков, как мы видели, сложны сами по себе. Трудность их усвоения однако во много раз увеличивается благодаря тому, что эти структуры во многих случаях никак учащимся не раскрываются и — что самое главное — учащихся не учат общим методам самостоятельного выявления и применения этих структур¹⁸⁴.

Эти недостатки вызваны не только тем, что на уроках, как правило, отсутствует специальная работа по анализу логических структур признаков, но прежде всего дефектами в раскрытии понятий в учебниках¹⁸⁵.

¹⁸⁴ Когда рукопись настоящей книги находилась уже в издательстве, нами был поставлен эксперимент по обучению учащихся VI и VII классов способам символической записи определений, правил и теорем на языке логики высказываний и логики предикатов. Эксперимент показал, что учащиеся вполне могут овладеть методами обобщенной символической записи теоретических утверждений. Более того, овладение этими методами имеет большое общеразвивающее значение, так как формирует у учащихся некоторые важные понятия об общих структурах теоретических знаний, о методологии научного мышления, а также знакомит с современным языком науки. Мы уже не говорим о том, что понимание общих структур теоретических знаний и общих, методов их построения и описания значительно облегчает понимание и усвоение каждого конкретного теоретического утверждения.

¹⁸⁵ По этому вопросу см. также: В. Г. Фарбер [336-338].

Наиболее общим недостатком многих учебников является то, что признаки, указываемые в определениях и других теоретических утверждениях, авторами обычно специально не выделяются. Это крайне затрудняет осознание и дифференцирование признаков явлений. Не выделяя и не вычленив отдельных признаков, учебники тем более не дают характеристики их логических свойств (необходимые, но не достаточные признаки, достаточные, но не необходимые и т. д.), не вскрывают их структур. Учащимся не раскрывается смысл логических союзов, посредством которых образуются сложные признаки (даже в тех случаях, когда эти союзы в явном виде содержатся в определениях и правилах), никакой работы по осознанию роли этих союзов обычно не проводится. В учебниках совершенно отсутствуют указания на то, что признаки могут находиться в различных взаимоотношениях, что они могут иметь различные логические свойства, что их внутренняя структура, строение могут быть неодинаковыми и что это обуславливает различие в способах действий по их применению. Не удивительно в связи с этим, что никаких упражнений, направленных на формирование у учащихся умения вычленять признаки, определять их свойства и структуры, устанавливать обусловленные этими структурами системы операций, в учебниках также нет. Если учесть, что подобная работа учителями обычно также не проводится, то можно понять, почему усвоение грамматических (и многих других) понятий и формирование соответствующих навыков и умений часто сопряжено для учащихся с значительными трудностями, сопровождается большим количеством ошибок.

Авторы учебников, не ставя своей задачей четко раскрыть перед учащимися логическую структуру признаков, мало, в частности, заботятся о том, чтобы грамматическая форма определений и других теоретических утверждений соответствовала логической структуре признаков, выявляла ее¹⁸⁶.

Рассмотрим ряд определений из учебников, в которых не выявлена логическая структура признаков или же выявлена неправильно. На некоторых примерах мы также покажем, каким образом можно переводить такие определения с обычного языка на язык логики.

§ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ, В КОТОРЫХ НЕ УКАЗАН ЛОГИЧЕСКИЙ СОЮЗ

Пример 1.

В учебнике русского языка [533] дано такое определение обстоятельства места: «Обстоятельствами места называются второстепенные члены предложения, которые отвечают на вопросы *где?*, *куда?*, *откуда?*».

Хотя в определении не указано, какими союзами связаны признаки обстоятельства места, однако по смыслу ясно, что они связаны союзом **или** (обстоятельствами места называются второстепенные члены предложения, которые отвечают на вопросы *где?*, **или** *куда?*, **или** *откуда?*).

Однако в других определениях, в которых союзы не указаны, по смыслу определить способ связи признаков бывает трудно. Отсутствие союзов часто затрудняет понимание, ведет к неясностям и ошибкам. В следующем примере будет приведено одно из таких определений.

Пример 2.

В учебнике русского языка [533] дается следующее определение согласования: «Согласованием называется такая связь, при которой зависимое слово ставится в том же числе, роде, падеже или лице, что и основное слово».

Как видим, структура признаков здесь не выявлена, вместо союзов стоят запятые, а союз «или» перед последним признаком заставляет думать, что все признаки связаны союзом **или** (по аналогии, например, с таким предложением: *В воскресенье я пойду в театр, кино или цирк*).

Однако дальнейшие примеры, приведенные в учебнике, показывают, что это не так. Приведем два из них:

«1) в сочетании *солнце смотрит* глагол настоящего времени *смотрит* согласуется с существительным *солнце* в единственном числе и третьем лице (союз подчеркнут мною.— Л. Л.); 2) в сочетании *апрельское солнце* прилагательное *апрельское* согласуется с существительным *солнце* в единственном

¹⁸⁶ Для уяснения логической структуры признаков, а тем самым и точного смысла правил и определений, целесообразно специально учить учащихся анализировать грамматическую форму правил и определений с тем, чтобы научить их «переводить» правила и определения с обычного, естественного языка на язык логики.

Вообще частое несовпадение грамматической формы и логической структуры мыслей — очень важный факт, который в процессе обучения надо всегда иметь в виду. Необходимо постоянно учить учащихся видеть за грамматической формой предложений логическую структуру суждений, вырабатывать у них умение на основе определений, формулируемых в различной грамматической форме, составлять логические схемы признаков.

числе, среднем роде, именительном падеже» (здесь по смыслу тоже следует поставить союз **и**—Л. Л.).

Как же связаны признаки: союзом **или** или союзом **и**? Или союзом **или** в неразделительном смысле, которое не исключает связи одновременно и союзом **и**? На этот вопрос ответа нет. Разобраться в структуре признаков невозможно. Не случайно в усвоении этого раздела у учащихся встречаются значительные трудности и при определении типа связи слов они делают много ошибок.

§ 2. ОПРЕДЕЛЕНИЯ, В КОТОРЫХ ЛОГИЧЕСКИЕ СОЮЗЫ «И» И «ИЛИ» ВЫРАЖЕНЫ РАЗЛИЧНЫМИ ГРАММАТИЧЕСКИМИ СОЮЗАМИ

Нередко в определениях вместо логических союзов **и** и **или** употребляются другие союзы. Это часто затемняет, скрывает логическую структуру признаков, затрудняет ее выявление, приводит к ошибкам.

Нужно отметить, что в обычной речи один и тот же логический союз может выражаться различными грамматическими союзами. Например, можно сказать:

- Я пришел к тебе, *но* тебя не было дома.
- Я пришел к тебе, *а* тебя не было дома.
- Я пришел к тебе, *да* тебя не было дома.
- Я пришел к тебе, *и* тебя не было дома.

Союзы *но*, *а*, *и*, *да*, внося в предложение некоторые смысловые оттенки (противопоставления, временной последовательности и т. д.), выражают по существу один и тот же тип логической связи — конъюнктивную связь (передаваемую в логике при помощи логического союза **и**). Оттенки противопоставления или временной последовательности, выражаемые этими союзами именно как грамматическими союзами, для логики значения не имеют. Эти оттенки не влияют на способ оперирования признаками, на метод распознавания с их помощью явлений. (То обстоятельство, что один и тот же тип логической связи может быть выражен различными грамматическими союзами, и служит, как мы говорили, основанием для введения понятия «логический союз» в отличие от понятия «грамматический союз».)

Когда мы говорим о союзах **и** и **или** как о логических, мы отвлекаемся от тех смысловых оттенков, которые вносят по сравнению с этими союзами грамматические союзы *а*, *но*, *да*, *также*, *либо* и т. д. В союзах, имеющих значение логических, нам важен только их логический смысл, от которого зависит способ оперирования соответствующими признаками.

Важная задача учителя состоит в том, чтобы научить учащихся выявлять логический смысл грамматических союзов, научить заменять грамматический союз соответствующим логическим.

Приведем примеры определений, в которых логические союзы **и** и **или** выражены различными грамматическими союзами.

П р и м е р 1.

«Четырехугольник, у которого две противоположные стороны параллельны, *а* другие две не параллельны, называется трапецией» (курсив мой.—Л. Л.) [732].

Здесь грамматический союз *а* употреблен в смысле логического союза **и**. Логическая схема этого определения такова:

Трапецией называется такой четырехугольник, у которого

- 1) две противоположные стороны параллельны

и

- 2) две другие стороны не параллельны.

П р и м е р 2.

«Именами числительными называются слова, которые обозначают количество, *а также* порядок предметов при счете» (курсив мой.—Л. Л.) [533].

Здесь грамматический союз *а также* употреблен в смысле логического союза **или**.

Логическая схема этого определения такова:

Именами числительными называются слова, которые

- 1) обозначают количество предметов при счете

или

- 2) обозначают порядок предметов при счете.

П р и м е р 3.

«Междометия — это слова, которые выражают чувства или побуждения, *но* не называют их» (курсив мой.—Л. Л.) [533].

Здесь грамматический союз *но* употреблен в смысле логического союза **и**.

Логическая схема этого определения такова:

Междометия — это слова, которые
1) выражают чувства или побуждения

и

2) не называют их¹⁸⁷.

Особое внимание следует обратить на случаи, когда грамматический союз *и* употребляется в значении логического союза **или**.

П р и м е р 4.

«С прописной (большой) буквы начинают писать. С прописной буквы пишут первое слово каждого предложения после точки, вопросительного и восклицательного знака. Кроме того...» (курсив, мой — Л. Л.) [533].

Совершенно ясно, что с прописной буквы пишут первое слово каждого предложения **или** после точки, **или** после вопросительного знака, **или** после восклицательного знака (или после вопросительного и восклицательного, стоящих вместе). В определении же вместо союза **или** употреблен союз *и*. Аналогичный недостаток находим мы и в определении наречия.

П р и м е р 5.

«Наречиями называются неизменяемые слова, которые поясняют глаголы и прилагательные и обозначают разные обстоятельства» (курсив мой — Л. Л.) [533]

Как известно, одно и то же наречие не может одновременно относиться и к глаголу и к прилагательному, поясняя и тот и другой. Поэтому правильное определение должно быть таким: «Наречиями называются неизменяемые слова, которые поясняют глаголы **или** прилагательные и обозначают разные обстоятельства¹⁸⁸.

В последних двух примерах употребление вместо союза *или* союза *и* не может вызвать существенных недоразумений (хотя и не воспитывает культуры логического мышления), так как по смыслу ясно, что речь идет о связи условий (признаков) союзом **или**. Если грамматический союз *и* в приведенных определениях воспринимать как логический союз **и**, то надо было бы начинать предложение с прописной буквы только тогда, когда в предыдущем предложении точка, вопросительный и восклицательный знаки стоят в м е с т е, наречиями же, согласно определению, должны были бы быть только такие неизменяемые слова, которые одно в р е м е н н о поясняют и глагол, и прилагательное. Ясно, что авторы определений имеют в виду нечто совсем иное.

Бывают, однако, случаи, когда логический смысл грамматических союзов совсем не очевиден. И здесь невнимание к логической структуре признаков, выражение их случайно выбранным грамматическим союзом приводит к таким неясностям, которые могут породить существенные трудности и ошибки в усвоении и применении знаний.

П р и м е р 6.

В одном из учебников физики для VI класса [654] есть такое определение: «Всякое изменение формы твердого тела *и* его объема называется деформацией» (курсив мой — Л. Л.)

¹⁸⁷ Как легко заметить, первый признак является сложным (составным), он состоит из двух признаков, связанных союзом **или**. Более точная (детализированная) логическая схема этого определения такова:

Междометия — это слова, которые

I. 1) выражают чувства

или

2) выражают побуждения

и

II. 1) не называют их.

¹⁸⁸ Если под буквой *x* понимать неизменяемые слова, а признаки наречий обозначить буквами *a*, *b*, *c*, то данное в учебнике определение следует записать так:

$$a(x) \& b(x) \& c(x) \overrightarrow{Df} \text{Наречие}(x).$$

На самом же деле определение следует записать так:

$$(a(x) \vee b(x)) \& c(x) \overrightarrow{Df} \text{Наречие}(x),$$

или, с учетом разделительного характера союза **или**, так:

$$(a(x) \vee b(x)) \& \overline{a(x) \& b(x)} \& c(x) \overrightarrow{Df} \text{Наречие}(x)$$

или в другой форме:

$$(a(x) \vee b(x)) \& c(x) \overrightarrow{Df} \text{Наречие}(x).$$

Заметим, что символическая запись определений требует от автора учебника и учителя точного осознания логической структуры признаков, выявляет неопределенность и двусмысленность в понимании характера определяемых явлений, а также предупреждает возникновение такой неопределенности и двусмысленности.

Если понять это определение буквально, то деформация имеет место только тогда, когда изменяется **и** форма твердого тела, **и** его объем. На самом деле, как известно, деформация имеет место тогда, когда изменяется **или** форма тела, **или** его объем, но могут претерпеть изменения и то и другое вместе (для возникновения деформации достаточно изменения лишь одного из свойств)¹⁸⁹. Таким образом, определение, данное в учебнике, легко может привести учеников к ошибке.

Из рассмотренных на предыдущих страницах примеров видно, что логические союзы **и** и **или**¹⁹⁰ часто выражаются различными грамматическими союзами, причем бывают случаи, когда логический союз **или** выражается грамматическим союзом *и*. По-видимому, такое положение нельзя считать достоинством учебников. Но поскольку оно имеет место, с этим надо считаться и, как уже было сказано, специально учить учащихся «переводить» грамматические союзы в логические, видеть за различными грамматическими формами выражения мысли точный логический смысл. Этому надо учить и потому, что в обыденной речи вместо логических союзов также часто употребляются грамматические союзы, не всегда совпадающие с логическими.

§ 3. ОПРЕДЕЛЕНИЯ С НЕПРАВИЛЬНО РАСКРЫТОЙ СТРУКТУРОЙ ПРИЗНАКОВ

В рассмотренных выше определениях и правилах невыявленность логической структуры признаков затрудняла усвоение и применение понятий и в ряде случаев вела к двусмысленности в понимании отраженных в них явлений. Однако игнорирование логической структуры признаков и отсутствие специального логического анализа тех систем признаков, которые фактически должны лежать в основе определений и других теоретических утверждений, приводит к прямым ошибкам в определениях и прочих теоретических утверждениях. Приведем два примера неправильно построенных определений.

П р и м е р 1.

В учебнике русского языка для средней школы [533] дано такое определение неопределенно-личных предложений: «Неопределенно-личными называются предложения с одним главным членом — сказуемым, которое относится или к каким-то неопределенным лицам, или ко всем лицам вообще».

Чтобы убедиться в его неправильности, рассмотрим следующую ситуацию. Представим себе, что приходит мальчик из школы и говорит: *Меня сегодня вызывали по арифметике, поставили «четверку»*. Фраза эта является неопределенно-личным предложением. Однако ее никак нельзя признать таковым, если исходить из приведенного определения. Ведь вызывал ученика совершенно определенный человек — учитель арифметики и поставил оценку именно он, а не кто-либо другой. Если следовать учебнику, то не ошибиться в характеристике этого предложения невозможно. Правильно же определить его вид можно, только вступив в противоречие с учебником. Это предложение является неопределенно-личным, несмотря на то, что и лицо действовало совершенно определенное и количество лиц точно известно — один человек.

П р и м е р 2.

В том же учебнике [533] дано такое определение вводных слов: «Вводными словами называются такие слова, при помощи которых говорящий выражает свое отношение к тому, о чем он сообщает, например... Вводные слова выделяются при произношении интонацией».

Каковы недостатки этого определения? Их легко обнаружить, попытавшись его применить. Рассмотрим, например, предложение: *Я опоздал, во-первых, потому, что задержался на работе, во-вторых, потому, что долго ждал автобуса*. Если к словам *во-первых* и *во-вторых* применить это определение, то надо будет признать, что они вводными не являются, так как не выражают отношения говорящего к высказываемой мысли, а служат для указания порядка следования причин определенного события. Между тем, это вводные слова. Значит, в определении указаны не все достаточные признаки вводных слов. Это определение не дает возможности распознать все типы вводных слов и тем самым толкает в ряде случаев на ошибки.

Правда, через несколько абзацев в учебнике сказано, что «при помощи вводных слов говорящий может также указывать на тот порядок, в котором следуют явления, на связь между ними», но это не

¹⁸⁹ Сформулируем определение учебника в форме условного суждения: «Если изменение x твердого тела выражается в изменении его формы (признак a) и изменении его объема (признак b), то такое изменение x называется деформацией (D)». В учебнике, следовательно, сказано, что $a(x) \& b(x) \xrightarrow{Df} D(x)$. Правильным же является определение $a(x) \vee b(x) \xrightarrow{Df} D(x)$.

¹⁹⁰ В его различных смыслах: в смысле нестрогой (слабой, неразделительной) дизъюнкции; в смысле строгой дизъюнкции; в смысле средства выражения суждений вида: «верен один и только один из членов суждения, связанных союзом «или» («либо»).

спасает дела, а еще больше запутывает его.

Если следовать определению, то эти слова вводными считать нельзя. Если же следовать следующему затем пояснению и считать их вводными, то это значит прийти в противоречие с определением.

Причина этой путаницы в том, что признак, указанный в определении как необходимый, на самом деле необходимым не является. Как было только что показано, бывают такие вводные слова, которые не обладают этим признаком, не выражают отношения говорящего к высказываемой мысли¹⁹¹.

¹⁹¹ Можно было бы привести много других примеров, когда вводные слова не выражают отношения говорящего к высказываемой мысли и тем не менее являются вводными.

В предыдущей главе мы показали, как важно, формулируя определения и другие теоретические утверждения, выявлять логическую структуру признаков объектов и правильно ее выражать. Несколько ранее (см. главу VII) мы говорили о том, что каждому теоретическому утверждению соответствует определенный алгоритм действий или — чаще — некоторое множество алгоритмов. Так, например, упоминавшейся выше формуле площади треугольника $S = \frac{1}{2}ah$ — при условии, что запись выражения без использования скобок означает любую расстановку последних, допустимую понятием формулы в алгебре, — соответствует целый ряд возможных алгоритмов, различающихся порядком выполнения указанных в формуле действий.

Аналогичное положение имеет место при применении определений, законов, грамматических правил, теорем и других теоретических утверждений.

Рассмотрим, например, определение деепричастия, данное в учебнике русского языка [533]: «Деепричастием называется неизменяемая форма глагола, которая обозначает добавочное действие и относится к сказуемому». Выразим это определение в форме условного суждения: «Если и только если форма глагола x является неизменяемой (признак a) и обозначает добавочное действие (признак b) и относится к сказуемому (признак c), то эта форма глагола x называется деепричастием (D). Запишем это определение на символическом языке:

$$a(x) \& b(x) \& c(x) \overline{Df} D(x).$$

Представим себе теперь, что нам встретилось предложение *Друзья или обнявшись* и надо распознать, является ли слово *обнявшись* деепричастием. Чтобы решить эту задачу, надо проверить, имеются ли у этого слова признаки деепричастия. Как видно из определения, признаки деепричастия связаны логическим союзом и, а этот логический союз (как и союз или) имеет в числе своих свойств, подобно математическим операциям сложения и умножения, свойства коммутативности и ассоциативности¹⁹². Это значит, что операции распознавания можно осуществлять в любой последовательности: например, сначала проверить признак a , потом b , потом c , или сначала признак b , потом a , потом c , или сначала признак c , потом a , потом b и т. д.¹⁹³. Подобно тому как формула $S = \frac{1}{2}ah$ не задает единственной (жесткой) последовательности действий по вычислению площади треугольника, но этой формуле соответствует ряд возможных алгоритмов вычисления, подобно этому формула $a(x) \& b(x) \& c(x) \overline{Df} D(x)$ не задает единственной (жесткой) последовательности действий по распознаванию деепричастия, но этой формуле также соответствуют несколько возможных алгоритмов распознавания. Эти алгоритмы содержатся в определении деепричастия в скрытом виде, и решение любой конкретной задачи на распознавание состоит в том, чтобы перейти от определения к алгоритму, выбрав одну из возможных последовательностей действий в качестве способа распознавания.

Каким же образом осуществляется переход от определения к алгоритму распознавания, каково взаимоотношение между структурой признаков, данных в определении (и вообще в любом теоретическом утверждении), и структурой действий по распознаванию соответствующих явлений?

Существует закономерная связь между логической структурой признаков явления и структурой действий по его распознаванию на основе этих признаков. Связь эта столь существенна, что можно говорить о закономерном соответствии логической структуры операций по распознаванию явления логической структуре его признаков. Логическая структура признаков по существу задает структуру операций¹⁹⁴.

¹⁹² Мы не указываем других свойств, так как для наших рассуждений достаточно учитывать лишь эти свойства.

¹⁹³ Сказанное не относится к распознаванию, осуществляемому посредством преобразования. Там последовательность операций в общем случае не безразлична, так как каждая последующая операция может быть направлена на «материальный» результат предыдущей (определенное состояние преобразуемого объекта). Если из-за изменения требуемой последовательности операций соответствующее преобразование предварительно не осуществлено и нужное состояние не получено, то последующая операция применяется не к тому состоянию, которое нужно, что может привести (и на деле часто ведет) к ошибкам. Таким образом, все, что выше говорится о возможности осуществлять операции распознавания в любой последовательности, относится только к «чистым» процессам распознавания и не имеет силы для процессов распознавания, в которые включены элементы преобразования. В последнем случае строгая последовательность выполнения операций может иметь самое существенное значение и нарушение этой последовательности может привести к самым отрицательным результатам.

¹⁹⁴ Фактически с точностью до перестановки операций по проверке признаков, возможной в силу коммутативности и ассоциативности связывающих эти признаки логических союзов.

Эта связь между структурой операций и структурой признаков определяется некоторыми общими условиями истинности сложных высказываний, которые установлены в символической логике. Так, высказывание, имеющее форму $a \& b$, истинно лишь в том случае, если истинны оба составляющие его высказывания a , b ; высказывание $a \vee b$ истинно, когда истинен хотя бы один из членов a , b этой дизъюнкции. Выражение вида $a \leftrightarrow b$ указывает на то, что высказывания a и b или оба истинны или оба ложны. Значит, если известно, что $a \leftrightarrow b$, то, чтобы установить, верно ли b , достаточно установить истинность a (и наоборот).

Вообще, когда некоторое A представляет собой сложное высказывание (например, конъюнкцию или дизъюнкцию нескольких элементарных), вопрос об его истинности решается, исходя из знания условий истинности сложных высказываний.

Исключительная важность указанного выше закономерного соответствия логической структуры операций логической структуре признаков состоит в том, что, зная логическую структуру признаков некоторого явления и условия истинности сложных высказываний, выражающих эту структуру, можно однозначно¹⁹⁵ определить структуру действий по распознаванию этого явления.

Логическая структура признаков не определяет, как мы говорили, единственного алгоритма распознавания явления, но она определяет некоторое конечное множество этих алгоритмов, которые отличаются друг от друга лишь последовательностью операций по проверке признаков. Общей чертой данного множества алгоритмов является общность логической структуры операций, входящих в эти алгоритмы, а главное то, что все эти алгоритмы в применении к одному и тому же объекту (или — что то же — к одним и тем же исходным данным) приводят к одному и тому же результату. Поэтому часто и нет надобности специально выделять какой-нибудь из алгоритмов, детерминируя последовательность операций по распознаванию явления. Логическая структура признаков, не задавая единственной последовательности операций, единственного алгоритма, задает некоторую логическую структуру операций, который о б щ и й м е т о д действий, который отличается от алгоритма лишь тем, что в нем не фиксирована последовательность операций по распознаванию.

Поскольку логические структуры признаков отличаются способами связи признаков, а именно логическими союзами, посредством которых структуры признаков образуются, то общий метод распознавания явления зависит от того, каким логическим союзом (союзами) связаны признаки явления.

Покажем на двух примерах, как логическая структура признаков явления определяет общий метод его распознавания.

Допустим, у нас есть два предложения: *В зале собрались и молодые и опытные спортсмены. В зале собрались молодые спортсмены и опытные, мастера.* Надо распознать, в каком из предложений определения *молодые* и *опытные* будут однородными.

Чтобы решить эту задачу, надо воспроизвести признаки одно родных членов и выявить их логическую структуру. Воспроизведем признаки по определению, приводившемуся выше (стр. 179): «Однородными называются такие члены предложения, которые отвечают на один и тот же вопрос и относятся к одному члену предложения».

Сформулируем это определение в форме условного суждения: «Если члены предложения x , y отвечают на один и тот же вопрос (признак a) и относятся к одному и тому же члену предложения (признак b), то эти члены предложения называются однородными (О)». В символической записи:

$$a(x, y) \& b(x, y) \rightarrow \overline{f} O(x, y)^{196}.$$

Признаки однородных членов связаны конъюнктивно, союзом и. Из способа связи признаков (логическим союзом и) прямо вытекает способ действий по распознаванию соответствующего грамматического явления. Чтобы некоторые члены предложения x_1, \dots, x_n были однородными, надо, чтобы они обладали обоими признаками однородных членов. Отсутствие хотя бы одного признака является основанием для вывода о том, что данные члены предложения однородными не являются. Из логической структуры признаков однородных членов прямо вытекает метод действий по их распознаванию. Его можно описать следующим образом.

Чтобы установить, являются ли некоторые члены предложения однородными, надо:

1. Проверить, есть ли у них один из указанных признаков (например, первый).

Если нет, то дальнейшую проверку прекратить и сделать отрицательное заключение.

¹⁹⁵ См. предыдущее примечание.

¹⁹⁶ Однородность второстепенных членов, а также признаки «отвечать на один и тот же вопрос» и «относиться к одному и тому же члену предложения» рассматриваются здесь как двуместные отношения. Симметричность и транзитивность этих отношений приводит к тому, что в класс членов предложения, однородных некоторому данному члену (и, соответственно, в класс членов предложения, отвечающих на один и тот же вопрос, и в класс членов предложения, относящихся к одному и тому же - данному - члену предложения), может входить - и на деле часто входит - более чем два члена предложения.

Если да, то

2. Проверить, есть ли у них второй (и в данном случае последний) признак.

Если нет, то сделать отрицательное заключение.

Если да, то сделать положительное заключение.

Данное предписание является общим методом, но не является в точном смысле алгоритмом, поскольку в нем имеется неопределенность относительно того, какой именно признак надо проверять первым, а какой вторым. Нетрудно понять, как можно такой общий метод превратить в алгоритм: надо устранить имеющуюся в предписании неопределенность относительно последовательности операций по проверке признаков и точно указать, какой признак следует проверять первым, а какой вторым¹⁹⁷.

Применив описанный метод к предложениям, приведенным на стр. 199, мы увидим, что в первом из них слова *молодые* и *опытные* обладают обоими признаками однородных членов и поэтому являются однородными членами, во втором — один из признаков однородных членов у них отсутствует (они не относятся к одному и тому же члену предложения) и поэтому однородными не являются.

Этот метод нетрудно распространить на общий случай (случай n признаков):

$$a_1(x) \& a_2(x) \& \dots \& a_n(x) \overrightarrow{Df} A(x)^{198}.$$

Чтобы установить, принадлежит ли некоторое явление x к некоторому классу A (т. е. верно ли, что $A(x)$ или, в другой записи, что $x \in A$), надо:

1. Проверить, есть ли у него первый признак¹⁹⁹.

Если нет, то дальнейшую проверку прекратить и сделать отрицательное заключение.

Если да, то

2. Проверить, есть ли у него второй признак.

Если нет, то дальнейшую проверку прекратить и сделать отрицательное заключение.

Если да, то

.....

- n . Проверить, есть ли у него n -ый признак.

Если нет, то сделать отрицательное заключение.

Если да, то сделать положительное заключение.

Мы рассмотрели общий метод распознавания явлений по признакам, связанным конъюнктивно, союзом **и**. Рассмотрим теперь общий метод распознавания явлений по признакам, связанным дизъюнктивно, союзом **или**.

Рассмотрим два диалога:

1. — *Вы возьмете эту книгу?*

— *Я ее возьму.*

2. — *Вы давно вернулись из лесу?*

— *Мы вернулись давно.*

Задача состоит в том, чтобы распознать, являются ли вторые предложения в этих диалогах неполными. Чтобы ее решить, надо воспроизвести признаки неполных предложений и выявить их логическую структуру. Для этого вспомним приведенное выше (стр. 179) определение: «Неполными называются такие предложения, у которых пропущен главный или второстепенный член предложения».

¹⁹⁷ Заметим, что во многих случаях нет надобности превращать такой общий метод в алгоритм. Более того, нет надобности специально формулировать даже и сам общий метод. Учащихся надо научить с а м о с т о я т е л ь н о переходить от определения, формулы и любого другого теоретического утверждения к общему методу и алгоритму. Основой этого перехода является соответствие логической структуры операций по распознаванию явления логической структуре его признаков. После того как учащиеся научатся переходить от теоретических утверждений к общим методам и алгоритмам, необходимость в специальном формулировании алгоритмов распознавания может в ряде случаев (но отнюдь не всегда!) отпасть. Чем вызвана целесообразность обучения учащихся умению не только выявлять логические структуры признаков и находить соответствующие им общие методы, но и специально обучать их алгоритмам, указывающим последовательность действий при распознавании, будет сказано ниже. Здесь отметим лишь, что учащимся следует учить не только самостоятельно п е р е х о д и т ь от логической структуры признаков к соответствующему общему методу и алгоритму, но и самостоятельно в ы - я в л я т ь саму логическую структуру признаков. Задача эта крайне важна, и о методах ее решения речь пойдет ниже (см. часть II).

¹⁹⁸ Рассматривается случай, когда все признаки a_1, a_2, \dots, a_n (а также само A) являются свойствами (одноместными предикатами). Но эти признаки — все или некоторые — могут быть и отношениями. В рассмотренном выше примере они все были двуместными отношениями. Самый общий случай данной логической схемы признаков охватывается формулой $a_1 \& a_2 \& \dots \& a_n \overrightarrow{Df} A$.

¹⁹⁹ Предполагается фиксированной некоторая нумерация признаков. В общем случае она произвольна.

Сформулируем это определение в условной форме: «Если и только если в некотором предложении x пропущен главный, член предложения (признак a) или пропущен второстепенный член предложения (признак b), то такое предложение x называется неполным (Н)». В символической записи:

$$a(x) \vee b(x) \overline{Df} H(x).$$

Как мы видим, признаки неполных предложений связаны союзом или. Каждый из них, следовательно, является достаточным, но не является необходимым. Чтобы отнести предложение к классу неполных, достаточно установить у него наличие хотя бы одного из указанных признаков. Из способа связи признаков (логическим союзом или) прямо вытекает метод действий по распознаванию данного грамматического явления. Его можно сформулировать следующим образом.

Чтобы установить, является ли некоторое предложение неполным, надо:

1. Проверить, есть ли у него один из указанных признаков (например, первый).
Если да, то дальнейшую проверку прекратить и сделать положительное заключение.
Если нет, то
2. Проверить, есть ли у него второй (и в данном случае последний) признак.
Если да, то сделать положительное заключение.
Если нет, то сделать отрицательное заключение.

Данное предписание является общим методом распознавания, но не является алгоритмом по тем же самым причинам, которые были указаны для метода распознавания явления по конъюнктивно связанным признакам. Применив данный метод к интересующим нас предложениям, мы увидим, что первое из них не является неполным, второе же является неполным, так как у него пропущен второстепенный член предложения *из лесу*.

Рассмотренный метод легко распространить на случай, когда имеется n признаков, связанных дизъюнктивно, т. е. когда логическая структура признаков выражается в виде:

$$a_1 \vee a_2 \vee \dots \vee a_k \overline{Df} A.$$

Метод в общем виде можно сформулировать следующим образом.

Чтобы установить, принадлежит ли некоторое явление x к некоторому классу A , следует:

1. Проверить, есть ли у него первый из указанных признаков²⁰⁰.
Если да, то дальнейшую проверку прекратить и сделать положительное заключение.
Если нет, то
2. Проверить, есть ли у него второй признак.
Если да, то дальнейшую проверку прекратить и сделать положительное заключение.
Если нет, то
- ...
- n . Проверить, есть ли у него n -ный признак.
Если есть, то сделать положительное заключение.
Если нет, то сделать отрицательное заключение.

Как мы видим, метод распознавания в случае, когда признаки связаны конъюнктивно, союзом и, существенно отличается от метода распознавания в случае, когда признаки связаны дизъюнктивно, союзом или. Если в первом случае отсутствие одного из признаков является сигналом к прекращению дальнейших проверок и к формулированию отрицательного заключения, то во втором случае отсутствие одного из признаков является сигналом к продолжению проверок. Если в первом случае наличие признака является сигналом к проверке следующего признака, то во втором таким сигналом является отсутствие признака. Когда признаки связаны союзом и, положительное заключение можно сделать только в том случае, когда у явления есть все признаки; когда же признаки связаны союзом или, то для положительного вывода достаточно наличия хотя бы одного признака. И наоборот, если в первом случае отсутствие хотя бы одного признака ведет к отрицательному выводу, то здесь для отрицательного вывода необходимо отсутствие всех признаков.

Указанная зависимость структуры операций от логической структуры признаков носит весьма общий характер; она имеет силу для любых учебных предметов при любых по содержанию признаках. Структура операций определяется логической структурой признаков независимо от того, каковы сами эти признаки. Метод действий зависит не от содержания признаков, но лишь от способа их связи, от их логической структуры. Заметим, что это, очевидно, и дает возможность формировать у человека общие методы мышления, общие интеллектуальные способности — то, что когда-то называлось формальными качествами ума. Так как признаки различных явлений могут иметь одну и ту же логическую структуру, то и способ действий с ними в процессе распознавания явлений может быть одинаковым,

²⁰⁰ Относительно нумерации признаков см. сноску 199.

общим. Формирование общих интеллектуальных способностей, общих методов мышления и состоит, по-видимому, в том, что дети научаются улавливать в признаках различных явлений их общие логические структуры и действовать с этими признаками сообразно этим структурам. Зависимость методов мышления от логической структуры признаков явлений, а не от содержания признаков является важнейшей психологической предпосылкой для переноса сформированных методов мышления в новые условия, на новое содержание.

Мы рассмотрели общие методы распознавания для «чистых» структур признаков: конъюнктивной и дизъюнктивной. Однако, как мы говорили выше, структуры признаков часто бывают смешанными: например, дизъюнктивно-конъюнктивными (дизъюнкция конъюнкций) и конъюнктивно-дизъюнктивными (конъюнкция дизъюнкций). В этих случаях метод распознавания также является «смешанным».

Допустим, некоторое явление имеет следующую логическую структуру признаков:

$$(a(x) \& b(x)) \vee (c(x) \& d(x)) \overline{Df} A(x).$$

Как видно из формулы, логическая структура признаков представляет собой дизъюнкцию конъюнкций. Для того чтобы можно было сделать вывод, что некоторое явление x принадлежит к классу A , достаточно, чтобы у него было одно из сочетаний признаков: $a \& b$ или $c \& d$. Сочетания признаков здесь связаны союзом **или**, а признаки, входящие в сочетания, — союзом **и**. Поэтому для отнесения предмета x к классу A надо установить наличие у него не какого-либо одного из признаков, a, b, c, d , а определенного их сочетания. Для проверки наличия у предмета сочетаний признаков надо действовать по методу, характерному для дизъюнктивной структуры признаков, для проверки же признаков, входящих в каждое из сочетаний (эти признаки связаны конъюнктивно, являются необходимыми признаками в рамках достаточного), надо действовать по методу, характерному для конъюнктивной структуры признаков.

Иное положение имеет место, когда признаки имеют конъюнктивно-дизъюнктивную структуру, т. е. представляют собой конъюнкцию дизъюнкций. Например:

$$(a(x) \vee b(x)) \& (c(x) \vee d(x)) \overline{Df} A(x).$$

Здесь сочетания признаков связаны конъюнктивно, а признаки внутри сочетаний — дизъюнктивно. Здесь, следовательно, для проверки наличия у предмета сочетаний признаков надо действовать по методу, характерному для конъюнктивной структуры, а для проверки признаков внутри сочетаний (эти признаки связаны дизъюнктивно) — по методу, характерному для дизъюнктивной структуры признаков. Более подробно методы действий в случае смешанных структур признаков будут на примерах показаны далее.

Мы говорили выше о том, что учащихся, как правило, не обучают способам связи признаков, типам их логических структур. Обычно их также не обучают и принципам перехода от логической структуры признаков к способу действий по распознаванию явлений на основе той или иной структуры, не показывают им соответствия структуры операций логической структуре признаков (т. е. не учат их методам распознавания явлений в зависимости от типов логических структур их признаков)²⁰¹. Это, как показывают экспериментальные данные (часть из которых будет приведена во второй части книги), затрудняет и замедляет усвоение знаний, умений и навыков, ведет к большому количеству ошибок при решении задач, тормозит формирование общих методов мышления. Анализ этих ошибок и показу путей их предотвращения будут посвящены в дальнейшем специальные разделы книги. Подведем некоторые итоги.

Мы видели, что для построения общего метода распознавания явлений надо:

- 1) выделить признаки, на основе которых может осуществляться распознавание;
- 2) отобрать из этих признаков те, которые удовлетворяют онтологическим и психолого-дидактическим требованиям, изложенным в главе VII (для этого следует проверить эти признаки на соответствующие критерии, в частности указанные выше);
- 3) выявить и явно выразить логическую структуру признаков, логические союзы, которыми они связаны;
- 4) сформулировать теоретические утверждения, на основе которых должно осуществляться распознавание, с четким указанием способа связи признаков;
- 5) осуществить переход от теоретического утверждения к методу распознавания (на основе знания о соответствии структуры операций по распознаванию явления логической структуре его признаков).

²⁰¹ В последнем проявляется общий недостаток школьного обучения в настоящее время, состоящий в том, что учащихся специально не обучают основам логики, в частности не дают им знаний условий истинности сложных высказываний.

Мы отметили, что логическая структура признаков явления задает только общий метод его распознавания, некоторое множество алгоритмов, но не указывает конкретного алгоритма распознавания, т. е. конкретной последовательности операций по проверке признаков. Между тем каждый реальный процесс распознавания может осуществляться только на основе какого-то конкретного алгоритма из этого множества, путем осуществления той или иной конкретной последовательности операций.

Выше мы подчеркнули (см. стр. 200), что во многих случаях нет надобности заранее указывать учащимся последовательность проверки признаков при распознавании явлений, т. е. задавать алгоритм распознавания. Достаточно научить их умениям: а) выявлять логическую структуру признаков и б) переходить от логической структуры признаков к способу действий на основе этой структуры²⁰².

При этом за учащимися остается свобода выбора конкретного алгоритма из множества алгоритмов, соответствующих логической структуре признаков; они должны сами решить, какую из возможных последовательностей операций в том или ином случае применить.

Бесспорно, что указанные два умения являются кардинальными, основными и владение ими открывает перед учеником возможность правильного решения любой задачи на распознавание. Этими умениями вполне можно ограничиться, когда учащимся приходится решать единичные задачи некоторого класса. Положение, однако, существенно меняется, когда задачи определенных классов учащимся приходится решать многократно. Здесь для учащихся важно не только уметь перейти от логической структуры признаков к какому-либо из возможных способов действий на основе этой структуры, но и овладеть определенными навыками действий, причем навыками рациональными. Совершенно очевидно, что во многих случаях (а именно, когда надо многократно решать однородные задачи некоторого класса, например грамматические) человек не должен рассуждать, каким способом из всех возможных (а эти способы в некоторых отношениях могут быть неодинаково рациональными)²⁰³, ему следует действовать, не должен решать задачу выбора способа. Он должен сразу действовать наиболее рациональным способом. Но для этого недостаточно научить человека умению переходить от логической структуры признаков к какому-либо алгоритму из некоторого множества алгоритмов, соответствующих этой структуре. Необходимо выработать у него автоматизированный навык действий по наиболее рациональному (в определенном смысле) алгоритму, т. е. навык применения наилучшей (с точки зрения рациональности) последовательности операций. Человек должен знать, что существуют различные алгоритмы решения задачи, и он должен уметь, в случае необходимости, применять любой из них, но в массовых, типических, повторяющихся условиях он должен действовать автоматизированно, причем наилучшим способом.

Таким образом, одна из целей обучения состоит в том, чтобы научить учащихся не только правильно решать задачи, но и решать их рационально. Рациональное же решение предполагает выбор из всех возможных способов решения задачи (в частности, из всех возможных алгоритмов) таких, которые позволяют достичь цели с наименьшей затратой времени и сил. Из сказанного ясно, что при обучении учащихся во многих случаях недостаточно научить их выявлять логические структуры признаков и переходить от логической структуры к какому-либо из возможных алгоритмов. Важно научить их выбирать из всех возможных алгоритмов наиболее рациональные и действовать по этим самым рациональным алгоритмам. Но для этого надо разработать методы количественной оценки рациональности алгоритмов и иметь возможность сравнивать последние по степени рациональности. К рассмотрению таких методов мы и переходим²⁰⁴.

²⁰² Говоря другими словами, достаточно научить учащихся умению выявлять логические структуры признаков и умению переходить от этой логической структуры к какому-либо алгоритму из некоторого множества возможных алгоритмов, соответствующих этой структуре.

²⁰³ Об этом см. следующую главу.

²⁰⁴ Подчеркнем, что количественные, математические методы оценки (и на этой основе расчета) рациональных алгоритмов не подменяют и не заменяют психологических и логических методов анализа и построения алгоритмов. Математические методы применяются и должны применяться не вместо психологических и логических методов, а на их основе, после того, как произведен качественный психологический и структурно-логический анализ признаков и алгоритмов. Это условие, однако, соблюдается не всегда. В этой связи справедливо замечание В. В. Давыдова [600], что «в некоторых исследованиях последнего времени, связанных с так называемым программированным обучением, операционный состав действий определяется на основе абстрактно-логических соображений об оптимальных путях выполнения преобразований, классификаций и т.п.». Такой подход - в этом отношении можно согласиться с В.В. Давыдовым - часто связан с недооценкой изучения реального содержания действий, выполняемых человеком, и не опирается на законы усвоения, носящие психологический характер.

XI

ЗНАЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ

Как было показано в предыдущем разделе, могут существовать различные алгоритмы распознавания одного и того же явления. Различие может касаться, с одной стороны, признаков, которые кладутся в основу распознавания (отнесение предмета к определенному классу часто можно произвести на основе различных признаков), с другой,— последовательности проверки положенных в основу распознавания признаков. В последнем параграфе предыдущей главы мы говорили о том, что одной и той же логической структуре признаков может соответствовать некоторое множество алгоритмов, отличающихся друг от друга лишь последовательностью проверки признаков²⁰⁵.

Выше шла речь об отборе признаков на основе качественных психолого-дидактических критериев. Нередко, однако, психолого-дидактическим критериям удовлетворяют различные признаки и их системы. Возникает вопрос, какие из них положить в основу распознавания, из каких признаков исходить при построении алгоритмов²⁰⁶.

Критерий отбора в этих случаях может быть только количественный: надо в основу распознавания объекта класть такие признаки, которые позволяют решать задачу распознавания наиболее рационально, т. е. с наименьшей затратой времени и сил.

От чего же зависит рациональность алгоритма распознавания?

Она зависит от следующих факторов:

- 1) от «легкости» признаков с точки зрения их выявления и оперирования ими,
- 2) от их количества,
- 3) от распределения вероятностей их наличия у объектов,
- 4) от последовательности проверки признаков.

Остановимся на каждом из этих факторов более подробно.

Как мы говорили выше, признаки с точки зрения «легкости» оперирования ими являются неодинаковыми. Так, например, если выявление признака a требует более тонкой дифференцировки, чем выявление признака b , то признак a «труднее». Если оперирование признаком c требует большего умственного усилия, чем оперирование признаком d , то первый из них также «труднее» и т. д.

Легкость оперирования признаками является важным параметром, по которому признаки отличаются друг от друга. Естественно, что алгоритм распознавания, в основе которого лежат более легкие признаки, при прочих равных условиях лучше, рациональнее алгоритма, в основе которого лежат более трудные признаки. Степень трудности, или сложности, признака определяет степень трудности, или сложности, соответствующего шага алгоритма. Очень важно уметь оценивать каждый шаг алгоритма с этой точки зрения. Без этого невозможна оценка рациональности (степени сложности) всего алгоритма в целом. В первом приближении в качестве оценки степени трудности шага алгоритма можно было бы принять среднее время проверки соответствующего признака. Этот показатель интегральный. В нем находят свое выражение различные качества признаков, связанные с легкостью (или, соответственно, трудностью, сложностью) оперирования ими. Среднее время проверки признака можно рассматривать как своеобразный показатель степени его сложности. Естественно считать, что тот признак легче, выявление которого, при прочих равных условиях, требует меньшего времени²⁰⁷.

²⁰⁵ Два алгоритма распознавания одного и того же объекта различны, если они отличаются либо признаками, которые положены в основу распознавания, либо последовательностью проверки одних и тех же признаков.

²⁰⁶ Данная постановка вопроса не исключает того, что в ряде случаев учащихся целесообразно обучать различным признакам и их системам, обучать их различным алгоритмам решения одной и той же задачи. Однако, поскольку обучение различным алгоритмам решения задач данного типа заняло бы очень много времени, удлинит сроки обучения, во многих случаях целесообразно обучать учащихся единственному алгоритму решения данных задач, но алгоритму достаточно рациональному, достаточно экономному. Отсюда и возникает задача определения наиболее рационального (с точки зрения определенных критериев) алгоритма из множества возможных.

²⁰⁷ Среднее время проверки признака определяется экспериментально. Величина эта носит статистический характер. Возможно, что со временем будут найдены другие показатели сложности признаков (и соответственно, отдельных шагов алгоритма распознавания). В настоящей главе, однако, обсуждается лишь вопрос о том, как построить рациональный алгоритм и получить математическую оценку его рациональности, если оценка сложности каждого его шага, измеряемая временем его выполнения, уже произведена.

В настоящей работе мы примем среднее время проверки признака за условную оценку его сложности и, следовательно, за оценку сложности (трудности) соответствующего шага алгоритма. Если через среднее время можно оценить сложность отдельного шага алгоритма, то через среднее время можно оценить и сложность всего алгоритма в целом. Очевидно, тот алгоритм проще, рациональнее, применение которого требует в среднем меньшего времени.

Возникает вопрос, какова связь между сложностью отдельных шагов алгоритма и сложностью всего алгоритма в целом.

Очевидно, что сложность алгоритма в целом зависит не только от сложности отдельных шагов, но и от их количества. При прочих равных условиях тот алгоритм рациональнее, который состоит в среднем из меньшего числа шагов, требует проверки в среднем меньшего количества признаков.

Но среднее количество шагов при распознавании сильно зависит от того, как часто в процессе распознавания приходится осуществлять тот или иной шаг, какие признаки приходится проверять у предмета чаще, а какие реже. Ведь мы знаем, что признаки, которые надо проверять у предмета в процессе применения алгоритма, могут у предмета либо иметься, либо отсутствовать. Обычно алгоритмы распознавания устроены так, что выбор последующего признака для проверки зависит от наличия или отсутствия у предмета предыдущего признака. Например, алгоритм может быть таков, что если признак a у предмета имеется, то вслед за ним проверяется признак b ; если же он отсутствует (т. е. имеется признак a), то следует проверка признака c . Таким образом, в разных случаях при применении одного и того же алгоритма у предмета могут проверяться разные признаки. Поскольку, в общем случае, сложность различных признаков является неодинаковой, общая сложность алгоритма зависит от того, как часто надо проверять более сложные признаки и как часто менее сложные. А это, в свою очередь, зависит от распределения вероятностей наличия у объекта различных признаков и от последовательности их проверки.

Таким образом, если один алгоритм предполагает, например, проверку трех признаков, а второй — четырех, то это не означает, что второй алгоритм сложнее. Операции, из которых состоит второй алгоритм, могут быть легче операций первого алгоритма; может быть так, что какие-то операции второго алгоритма сложнее соответствующих операций первого алгоритма, но вероятность их применения сравнительно мала и т. п.

Рациональность алгоритма (степень его сложности) — результат взаимодействия указанных выше факторов. Из этого вытекает, что оценка сложности алгоритма должна представлять собой функцию этих факторов. Ниже будет приведена формула для оценки рациональности алгоритма (степени его сложности), выражающая эту функцию. Построить рациональный алгоритм распознавания — значит найти такие признаки и такую их последовательность, которые позволят указанную функцию минимизировать²⁰⁸.

Представим себе, что распознавать некоторые явления можно на основе различных групп признаков. Каждой группе признаков, которые кладутся в основу распознавания и имеют определенную логическую структуру, соответствует в общем случае, как мы говорили, некоторое множество алгоритмов, отличающихся лишь последовательностью проверки признаков, входящих в эту группу. Различным группам признаков соответствуют различные множества алгоритмов. Чтобы из всех возможных алгоритмов найти самый рациональный, надо сначала найти наиболее рациональные алгоритмы внутри каждого из множеств алгоритмов, соответствующих каждой из групп признаков. Сравнив найденные алгоритмы по критерию рациональности (на основе формулы оценки степени сложности алгоритма), можно будет затем из наиболее рациональных для каждого множества алгоритмов отобрать самый рациональный алгоритм или несколько алгоритмов, эквивалентных в отношении рациональности.

Таким образом, возникает проблема построения и выбора наиболее рациональных алгоритмов внутри заданного множества алгоритмов, т. е. среди алгоритмов, опирающихся на проверку одних и тех же признаков. Решение этой проблемы сводится к нахождению наиболее рациональной последо-

²⁰⁸ Реально в процессе обучения важно учитывать не только сложность (экономность) алгоритма после того как он уже усвоен, но и сложность самого процесса его усвоения. Однако это совсем другая характеристика алгоритма, требующая учета других факторов, разработки других критериев. Совершенно ясно, что при определении стратегии обучения надо учитывать не только степень сложности алгоритма после его усвоения, но и саму сложность процесса усвоения. Теоретически можно допустить существование случаев, когда более экономный алгоритм (экономный с точки зрения среднего времени, затрачиваемого на решение с его помощью задач) окажется более трудным для усвоения, чем менее экономный. Какому из алгоритмов целесообразнее учить, зависит от того, насколько время и средства, затраченные на обучение, компенсируются экономией, которая будет получена от работы по более рациональному алгоритму, когда он будет уже усвоен.

вательности проверки признаков при условии, что признаки уже в ы д е л е н ы и их логическая структура о п р е д е л е н а . Говоря другими словами, возникает задача нахождения такой последовательности проверки признаков, которая позволяет при д а н н ы х признаках распознать явление наиболее быстро и легко. Методам решения этой задачи и будет посвящена настоящая глава.

Суть вопроса заключается в том, что алгоритмы, эквивалентные один другому в логическом и психологическом отношении²⁰⁹, могут быть неэквивалентными с точки зрения среднего количества операций, необходимых для решения данной задачи. Причина этого — в различной п о с л е д о в а - т е л ь н о с т и применения операций по проверке признаков.

На первый взгляд, при распознавании принадлежности явления к определенному классу по признакам, например a и b , последовательность проверки их наличия у предмета не играет решающей роли — ведь согласно законам коммутативности конъюнкции и дизъюнкции выражение $a \& b$ эквивалентно выражению $b \& a$, а выражение $a \vee b$ — выражению $b \vee a$. С чисто логической точки зрения для решения вопроса об истинности (или ложности) высказывания $a \& b$ или $a \vee b$ порядок проверки наличия или отсутствия признаков a, b совершенно несуществен. Другое дело, если мы заинтересованы в том, чтобы такая проверка заняла по возможности меньшее время. Здесь решающую роль начинают играть вероятности наличия или отсутствия у предмета интересующих нас признаков и зависящая от вероятностей рациональная последовательность проверки признаков. Как будет показано дальше, последовательность проверки признаков имеет существенное значение для чисто количественных характеристик протекания мыслительных процессов. Одна последовательность проверки часто оказывается более экономной, чем другая, позволяет решать задачи того или иного типа в среднем за меньшее число операций.

Поиски более рациональных и экономных путей переработки информации при решении задач — важное средство повышения производительности умственного труда, совершенствования методов умственной работы. Надо стремиться к тому, чтобы учащиеся решали задачи не только правильно, но и быстро, чтобы в единицу времени они усваивали и перерабатывали возможно большее количество информации. А это зависит, в частности, от того, насколько рациональны алгоритмы, которыми они пользуются.

Последняя проблема имеет большое практическое значение, поскольку многие задачи алгоритмического характера, например грамматические, математические и другие, школьникам (да и не только школьникам) приходится решать десятки, сотни, а то и тысячи раз. И если они не владеют самыми рациональными алгоритмами и в процессе каждого решения производят хотя бы одну-две лишние операции, то в совокупности этих лишних операций набирается десятки и сотни тысяч. Легко представить себе, какой огромной нагрузкой это ложится на плечи учащихся, сколько непроизводительной работы приходится им проделывать из-за того, что они не были обучены самым рациональным — с точки зрения к о л и ч е с т в а о п е р а ц и й — алгоритмам.

Разумеется, возможность найти, построить рациональные алгоритмы решения тех или иных задач вовсе не означает, как мы говорили, что этим алгоритмам всегда надо учить. Но коль скоро вопрос об обучении учащихся алгоритмам решен в том или ином случае положительно, необходимо не только уметь строить алгоритмы, но и располагать способами строго объективной оценки их рациональности.

До недавнего времени рациональность тех или иных приемов и методов мышления оценивалась в педагогике и психологии по преимуществу интуитивно, «на глазок». Точных критериев оценки не было. Часто вопрос о рациональности тех или иных способов умственной работы вообще не ставился. Сейчас, в связи с необходимостью резко поднять эффективность обучения, вопрос этот приобретает большое значение. Возникает задача разработать методы, которые дали бы возможность, с одной стороны, сравнивать между собой различные уже построенные алгоритмы и точно количественно оценивать их рациональность, с другой — позволили бы строить, синтезировать рациональные алгоритмы. Методы должны быть строго объективными. Желательно, чтобы они давали возможность решать вопрос теоретическим путем, т. е., попросту говоря, позволяли бы р а с с ч и т ы в а т ь рациональные алгоритмы и на основе расчета давать им точную математическую оценку²¹⁰.

²⁰⁹ Два или несколько алгоритмов можно назвать логически и психологически эквивалентными, если они предписывают распознавать явления на основе проверки у них одних и тех же признаков, причем различные последовательности проверки признаков не только равноценны, т. е. приводят к одинаковым результатам, но также одинаково легки, «удобны» и т. п.

²¹⁰ Важность такой оценки применительно к нахождению оптимальных методов решения различного рода задач привела к появлению специальной отрасли математики, называемой исследованием операций. Широкий круг проблем, связанных с поисками оптимальных методов решения практических (и в частности производственных) задач, с планированием и организацией человеческой деятельности изучается такими математическими дисциплинами, как теория статистических решений, линейное и динамическое программирование, теория игр, теория

Мы говорили выше о том, что построение рациональных алгоритмов предполагает определение наилучшей последовательности операций (при распознавании явлений — это операции по проверке признаков).

Прежде чем приступить к систематическому изложению некоторых методов расчета оптимальной последовательности операций при решении определенных классов задач, покажем значение такой последовательности на нескольких простых примерах.

Представим себе человека, который, находясь дома, не может найти нужную ему книгу. Книга может быть либо в книжном шкафу (обозначим высказывание о том, что книга находится в шкафу буквой a), либо на письменном столе среди других книг (обозначим высказывание об этом буквой b), либо на книжной полке над столом (обозначим высказывание об этом буквой c). Если нахождение предмета в некотором месте обозначить знаком E , то символически ситуацию можно изобразить так: $(xEa) \vee (xEb) \vee (xEc)$ ²¹¹. Задача состоит в том, чтобы осуществить поиск в соответствующих местах с целью проверить, нет ли там книги. Возникает вопрос: в какой последовательности рациональнее всего вести поиск, или, говоря другими словами, проверку соответствующих «мест»?

Очевидно, для ответа на этот вопрос необходимо прежде всего знать вероятности того, что книга находится в шкафу, на столе или на книжной полке. Практически очевидно, что если книга с большей вероятностью находится в шкафу, то надо начинать поиск со шкафа, если на полке, то с полки и т. д.

И вообще рациональная последовательность поиска такова, что сначала должны проверяться более вероятные места, потом менее вероятные.

Однако данная стратегия является правильной только в том случае, если время, затрачиваемое на поиск книги в каждом из указанных мест, будет одинаковым. Если же это время одинаковым не будет, данная стратегия может оказаться нерациональной. В самом деле, допустим, что вероятность того, что книга находится в месте a , равна 0,7, а вероятность того, что она находится в месте b , равна 0,2. Если время поиска в месте a и в месте b одинаково (например, 3 минуты), то надо, разумеется, начинать поиск с места a . Если же известно, что время поиска в месте a будет намного больше времени поиска в месте b (например, время поиска в a можно оценить в 8 минут, а в b оно составит 3 минуты), то совсем не очевидно, что надо начинать поиск именно с a . Вероятность того, что книга находится в a , больше, но зато и время, затрачиваемое на поиск в a , значительно больше. Может оказаться, что значительно рациональнее проверить сначала менее вероятное место, затратив на это меньше времени, чем более вероятное, затратив на это больше времени. Интуитивно найти в этом случае наилучшую стратегию действий оказывается уже трудно. Возникает необходимость применить какие-то математические методы и расчеты, которые позволили бы решить задачу точно и однозначно.

Разумеется, разрабатывать математические методы для поиска потерянной вещи в комнате не имело бы никакого смысла. Однако задачи, аналогичные этой, часто встречаются в производственной, научной и учебной деятельности. И здесь умение найти оптимальный метод поиска имеет большое значение. Так, производство несет огромные убытки из-за простоя оборудования вследствие возникающих неисправностей. Обычно, если машина или прибор отказывают, то причины этого могут быть разные. Чтобы свести простой к минимуму, необходимо найти неисправность как можно быстрее. Возникает вопрос: в какой последовательности осуществлять поиск, какой порядок проверки блоков машины позволяет найти неисправность в кратчайший срок, какова оптимальная стратегия действий при поиске? Как известно, такие задачи в настоящее время успешно решаются.

Если обратиться к учебной деятельности, то здесь подобных задач также очень много. Такой, например, является задача на распознавание объекта, если для заключения о его характере необходимо установить у него наличие некоторых признаков. В какой последовательности проверять признаки объекта, какова наилучшая стратегия действий по его анализу?

Мы привели примеры, связанные с анализом ситуаций и с методами рационального поиска объектов. Однако сказанное имеет существенное значение также и для разработки рациональных методов сообщения информации.

Начнем опять с житейского примера.

В вестибюле гостиницы к кассиру театральной кассы обращается приезжий:

— Я здесь в командировке. Нет ли у вас билета на какой-нибудь хороший спектакль?

— Есть, во МХАТ, на «Горячее сердце». Играют народные артисты СССР Станицын, Яншин, Грибов. Прекрасный спектакль, пользуется большим успехом, очень советую, не пожалеете...

— Хорошо, меня устраивает, — перебивает приезжий. — На какое число билеты?

— Это будет среда, 28-го...

— Так это ж через две недели! — с раздражением говорит приезжий. — А я через три дня уезжаю. Какая

массового обслуживания и некоторые другие. В настоящее время количество работ по исследованию операций и смежным математическим дисциплинам растет - очень быстро.

²¹¹ Точнее: $((xEa) \vee (xEb) \vee (xEc)) \& (xEa) \& (xEb) \& (xEc) \& (xEa) \& (xEb) \& (xEc)$, поскольку книга не может одновременно находиться в двух местах.

мне разница, кто играет в этом спектакле!

Предположим, что на более ранний срок билетов на хороший спектакль у кассира не было и что он не такой уж несообразительный, чтобы предлагать в первую очередь билеты на те спектакли, которые состоятся позже. Но даже при этих условиях кассир допустил ошибку. Ошибка состояла в том, что, сообщая определенную информацию, он излагал ее в неправильной последовательности.

В самом деле, вероятность того, что приезжего устроит билет во МХАТ на хороший спектакль, велика. Вероятность же того, что его устроит билет на спектакль, который состоится через две недели (ведь он в командировке!), мала.

Рациональный способ сообщения информации (если уж предлагать билет на этот спектакль!) состоит в том, чтобы начинать с таких признаков спектакля, которые с наименьшей вероятностью устроят покупателя, т. е. с наибольшей вероятностью могут вызвать отказ от покупки билета²¹². Если бы кассир в подобных случаях начинал с того, что сообщал бы приезжему число, ему в большинстве случаев не пришлось бы зря тратить время на то, чтобы рассказывать, кто играет в спектакле, каким успехом пользуется спектакль и т. п. Приезжий сразу говорил бы, что билет на этот спектакль его не устраивает. Кассир же начал с признаков, которые устроят покупателя с наибольшей вероятностью, и напрасно потратил время на сообщение информации, которая оказалась ненужной.

Этот пример может показаться тривиальным, однако с ошибками подобного рода мы встречаемся очень часто.

Представим себе, что некоему московскому учреждению требуется для работы референт, который обладает следующими качествами:

- 1) проживает в Москве,
- 2) имеет высшее образование,
- 3) знаком с основами электротехники,
- 4) знает японский язык.

Как наилучшим образом составить объявление, например, в вечернюю московскую газету, в каком порядке перечислять требования к референту?

Часто в аналогичных случаях, как показывает практика, требования перечисляются примерно в том порядке, как они приведены здесь. Однако такой порядок является нерациональным. Здесь не учитываются вероятности удовлетворения требований. Сначала приведены требования, вероятность удовлетворения которых наибольшая, а потом — требования, вероятность удовлетворения которых наименьшая. Между тем последовательность изложения требований должна быть прямо противоположной. Это легко показать путем простого расчета.

Допустим, объявление помещено в газете и его прочтут 50 тыс. человек, занятых подысканием работы. Допустим далее, что из них 49 тыс. — москвичи, 15 тыс. из этих москвичей знакомы с основами электротехники, 8 тыс. из москвичей, знакомых с основами электротехники, имеют высшее образование и 10 человек из последних знают японский язык. Какое время будет потрачено на чтение этого объявления, если считать, что ознакомление с каждым требованием занимает одну секунду?

50 тыс. прочтут первое требование, затратив 50 тыс. секунд. Так как первому требованию удовлетворяют 49 тыс. человек, то одна тысяча людей (не москвичи) дальше не будут читать, а 49 тыс. прочтут второе требование, затратив еще 49 тыс. секунд. Так как второму требованию удовлетворяют 15 тыс. человек из этих 49 тыс., то 34 тыс. человек читать дальше не будут. Третье требование будут читать 15 тыс. человек, затратив еще 15 тыс. секунд. Так как третьему требованию удовлетворяют 8 тыс. человек из указанных 15 тыс., то 7 тыс., не имеющих высшего образования, не будут дальше читать, а 8 тыс. прочтут четвертое требование, затратив еще 8 тыс. секунд. Общее количество времени, затраченное на чтение этого объявления, будет равно 122 тыс. секунд, или около 34 часов.

Сколько времени займет чтение объявления, если требования излагать в обратном порядке, начиная с тех, вероятность удовлетворения которых наименьшая? Первое требование — в прежней нумерации требований оно было последним — прочтут 50 тыс. человек, затратив 50 тыс. секунд. Так как первому требованию удовлетворяют всего 10 человек, то 49 990 человек, не знающих японского языка, дальше читать не будут, а последующие три требования будут читать не более 10 человек и затратят на это не более 30 секунд. Общее время, затраченное на чтение объявления, будет в этом случае равно не более 50 030 секундам, или примерно 14 часов.

Последовательность подачи информации имеет значение, разумеется, не только для ситуаций, аналогичных приведенным. Выбор оптимальной последовательности подачи информации имеет огромное значение для педагогического процесса, для обучения и, в частности, для определения способов изложения правил в учебниках, способов инструктирования учащихся при постановке перед ними различного рода заданий и т. п.

Перейдем к более систематическому рассмотрению проблем, связанных с оптимизацией проверки признаков явлений в процессе их распознавания и построением рациональных с точки зрения количества операций алгоритмов анализа и распознавания явлений.

²¹² Число, когда состоится спектакль, мы тоже рассматриваем здесь как признак спектакля.

Поскольку анализ и распознавание явлений осуществляется на основе проверки у них определенных признаков, то процесс анализа и распознавания можно интерпретировать как некоторый процесс, в ходе которого человек ищет у явлений определенные признаки.

Процесс анализа может быть направлен на решение двух задач. Первая задача — это собственно задача распознавания. Человеку дан некоторый предмет или явление (например, слово, предложение, химическое вещество, растение и т. д.), и надо определить, к какому классу из некоторого определенного множества классов этот предмет или явление относится (например, какой частью речи является данное слово, каким является данное вещество и т. д.).

Вторая задача — это задача отбора на основе распознавания. Здесь человеку дано определенное множество предметов или явлений и надо на основе заданных признаков выделить из этого множества предметов некоторое подмножество. Например, может стоять задача отбора из группы людей таких, которые способны переносить тяжелые физические нагрузки, задача отбора из некоторого множества слов всех существительных и т. п. Любой отбор может осуществляться только на основе распознавания и представляет собой последовательное применение заданных признаков к отдельным предметам — элементам исходного множества.

Назовем поиск в процессе решения первой задачи поиском с целью распознавания, и л и р а с - п о з н а ю щ и м п о и с к о м поиск в процессе решения второй задачи — поиском с целью отбора, или с е л е к т и в н ы м п о и с к о м . В настоящей работе будет рассматриваться лишь вопрос об оптимизации распознающего поиска.

XII ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПОЗНАЮЩЕГО ПОИСКА²¹³

Оптимизация распознающего поиска имеет целью обеспечить распознавание предметов и явлений наиболее коротким и экономным путем с затратой наименьшего количества операций (если они одинаковой сложности) или наименьшего времени. В настоящей главе наряду с понятием алгоритма мы будем пользоваться также понятием стратегии²¹⁴.

Понятие стратегии, как известно, используется в теории статистических решений, в теории игр и в некоторых других математических дисциплинах, изучающих методы определения наилучшего поведения в определенных ситуациях. В теории игр, в частности, предполагается, что «играющие» делают определенные ходы, причем каждый ход представляет собой выбор одного действия из некоторого множества возможных действий (возможна такая трактовка понятия игры, когда в качестве одного из «противников» выступает природа, действия которой также можно рассматривать, как определенные ходы²¹⁵; в этих случаях иногда говорят об «играх против природы» или «играх с природой»²¹⁶. Действия в ходе игры выбираются в зависимости от ситуации. Эти действия могут быть в разных случаях разные. Однако можно заранее представить себе все возможные ситуации и определить свои действия (ходы) в каждой из них. Исчерпывающее перечисление действий, которые надо производить в каждой из ситуаций, могущих возникнуть в ходе игры, называется стратегией (о понятии стратегии см., например: [70], [73], [124], [145]).

Сопоставляя понятия «стратегия» и «алгоритм», нетрудно видеть, что они во многом совпадают. Если воспользоваться некоторыми аналогиями с ситуациями, рассматриваемыми в теории статистических решений и в теории игр, а именно с ситуациями типа «игр с природой», то правомерно говорить о том, что в основе любого алгоритма поиска лежит определенная стратегия поиска. Прежде чем решить, как надо действовать (а алгоритм — всегда указание, как надо действовать), необходимо определить, как м о ж н о действовать и почему тот или иной способ выгоднее (с точки зрения определенного критерия). Говоря другими словами, сначала нужно учесть в о з м о ж н ы е способы действий (стратегии), дав им оценки, а потом выбрать одну из стратегий в качестве п р е д п и с а н и я к действию (алгоритма). Алгоритм можно рассматривать как одну из возможных стратегий, принятую в качестве руководства (предписания) к действию²¹⁷.

Как показало исследование, оптимальность той или иной последовательности проверки признаков зависит от типа задачи, которую надо решать в процессе распознавания. Задачи же можно разбить на следующие типы.

П е р в ы й тип. Дан предмет x , и надо определить, принадлежит ли он к интересующему нас классу или не принадлежит. Например, необходимо определить, является ли данный член предложения подлежащим. Если интересующий класс (например, класс «подлежащие») обозначать буквой A , а класс «не-подлежащие» — буквой \bar{A} с отрицанием (\bar{A}), то задача описывается следующим образом:

Дано: предмет x . Требуется распознать: $x \in A$ или $x \in \bar{A}$?

В т о р о й тип. Дан предмет x , и надо определить, к какому из некоторого конечного множества классов он принадлежит. Например, является ли член предложения x подлежащим, сказуемым, дополнением, обстоятельством или определением. Если указанные классы обозначать большими латинскими буквами, то задача описывается так:

Дано: предмет x . Требуется распознать: $x \in A$, или $x \in B$, или $x \in C$, или $x \in D$, или $x \in E$?

При решении задач первого типа надо выбрать один ответ из двух, причем один из них является отрицанием другого. При решении задач второго типа надо выбрать один ответ из некоторого множе-

²¹³ Основное содержание этой главы было изложено в наших статьях [272], [275]. По этому вопросу см. также: Л. М. Фридман [341], [342].

²¹⁴ Говоря о стратегии поиска в процессе распознавания, мы будем иметь в виду последовательность проверок некоторой системы признаков предмета с целью отнесения его к определенному классу. В этом смысле последовательности ab и ba будут являться различными стратегиями.

²¹⁵ «Ходом» может быть выпадение «орла» или «решки» при бросании монеты, наступление холодной или теплой погоды и т. п. Если обратиться к интересующей нас проблеме распознавания явлений, то «ходом» можно считать наличие или отсутствие у данного предмета интересующего нас признака. Различные «ходы природы» (по аналогии с действиями человека) могут иметь различные вероятности.

²¹⁶ Понятия эти широко употребляются различными авторами (см., например, предисловия А. А. Ляпунова к [124], И. А. Полетаева к [73]).

²¹⁷ Из сказанного не следует, что алгоритм — это всегда хорошая (с точки зрения некоторых критериев) стратегия. В качестве предписания к действию можно выбрать и плохую стратегию, и тогда выбранный алгоритм будет нерациональным.

ства ответов числом более двух. В связи со сказанным целесообразно назвать задачи первого типа *задачами на альтернативный выбор*, задачи второго типа — *задачами на множественный выбор*²¹⁸.

Так как различие этих типов задач имеет существенное значение для определения оптимальной стратегии поиска, эти задачи следует рассмотреть отдельно. Начнем с задач на альтернативный выбор.

§ 1. ПОИСК В УСЛОВИЯХ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ВЫБОРА

В главе VIII было показано, что признаки предметов и явлений могут иметь различную логическую структуру: они могут быть связаны логическим союзом или в его различных смыслах — такую связь независимо от смысла «или» мы будем называть дизъюнктивной, могут быть связаны конъюнктивно (союзом и) или иметь смешанную структуру (быть связанными дизъюнктивно-конъюнктивно или конъюнктивно-дизъюнктивно).

Если признаки связаны дизъюнктивно²¹⁹ (например, имеет место ситуация $a(x) \vee b(x) \vee c(x) \rightarrow x \in A$), то для положительного заключения о том, что предмет принадлежит к классу A , достаточно установить у него наличие хотя бы одного из признаков: a , или b , или c .

Если признаки связаны конъюнктивно (например, имеет место ситуация $a(x) \& b(x) \& c(x) \rightarrow x \in A$), то для положительного заключения о том, что предмет принадлежит к классу A , необходимо установить у него наличие всех трех указанных признаков a , b , c . Если же признаки связаны дизъюнктивно-конъюнктивно или конъюнктивно-дизъюнктивно, то надо разбить их на группы и действовать в соответствии со значением тех союзов, которые связывают сначала группы признаков, а затем признаки внутри групп.

Как будет видно из дальнейшего изложения, существует принципиальное различие в стратегии распознающего поиска в зависимости от того, как связаны признаки. Между типами связей признаков и стратегией поиска существуют определенные, строго закономерные зависимости, к рассмотрению которых мы сейчас и переходим.

Будем называть проверку (поиск) признаков, связанных дизъюнктивно, — *дизъюнктивным поиском*, проверку (поиск) признаков, связанных конъюнктивно, — *конъюнктивным поиском*; остальные типы поисков будем называть, соответственно, *дизъюнктивно-конъюнктивным* и *конъюнктивно-дизъюнктивным* поиском.

1. Оптимальная стратегия дизъюнктивного поиска

При дизъюнктивном поиске всегда дана некоторая ситуация, в которой надо найти (проверить наличие) одного из дизъюнктивно связанных объектов: $a \vee b \vee c \vee \dots \vee n$ ²²⁰.

Этими объектами могут быть признаки, наличие или отсутствие которых надо установить у какого-то предмета, ими могут быть также высказывания о наличии некоторых предметов или о их «местах», которые являются объектами поиска и т. п. Выводы из наличия или отсутствия искомых объектов могут быть в разных случаях разные, однако это не влияет на стратегию поиска.

Так, если в процессе поиска надо исследовать некоторые «места» (например, с целью выяснить, находится ли там искомая вещь, неисправность и т. д.), то выводом из исследования является установление местонахождения искомой вещи. Если надо исследовать некоторый предмет (например, с целью выяснить, имеет ли он определенные признаки), то выводом из исследования является отнесение этого предмета к определенному классу. Из этого вывода могут, в свою очередь, вытекать другие выводы, в том числе и практические.

При проверке у предмета некоторых признаков может иметь место зависимость типа $a(x) \vee b(x) \vee c(x) \rightarrow x \in A$. В этой формуле стрелка направлена в одну сторону. Это значит, что наличие у предмета x (по крайней мере) одного из признаков a , b , c дает право заключить о его принадлежности к классу A . Однако отсутствие всех признаков не дает права делать вывод о принадлежности данного предмета к классу \bar{A} .

При проверке у предмета некоторых дизъюнктивно связанных признаков может иметь место

²¹⁸ В настоящее время в литературе по математике и кибернетике, и, в частности, в книгах по теории игр, выбор одной возможности из нескольких часто называют также альтернативным выбором. Этому соответствует термин «альтернативное или», примененный нами в главе VIII. Но в данной главе мы будем называть альтернативным выбором выбор одной возможности из двух (причем таких, что одна возможность является отрицанием другой).

²¹⁹ Здесь, как и ранее, если не оговорено противное, под дизъюнктивной связью будет иметься в виду связь с помощью логического союза **или**, соответствующего слабой дизъюнкции.

²²⁰ Случаи, когда заранее неизвестно, какие объекты надо найти (это часто бывает, например, при научных исследованиях), мы здесь и далее не рассматриваем.

другая зависимость — типа $a(x) \vee b(x) \vee c(x) \leftrightarrow x \in A$. Здесь стрелки направлены в обе стороны. В этом случае отсутствие всех признаков дает право сделать вывод о принадлежности данного предмета к классу \bar{A} .

Признаки, которые надо проверять у предмета в ходе поиска, могут быть попарно несовместимыми или попарно совместимыми²²¹. Так, в одних случаях предмет может иметь любой признак из некоторой совокупности, но всегда только один. Здесь признаки несовместимы, исключают друг друга. Сумма вероятностей этих признаков не может быть больше 1. В других случаях предмет может иметь либо один признак из данной совокупности, либо одновременно несколько. Здесь признаки совместимы, не исключают друг друга и связаны союзом **или** в нестрого разделительном смысле. Сумма вероятностей таких признаков может быть больше 1.

Здесь и далее мы не будем вводить каких-либо ограничений на взаимоотношения признаков. А именно мы будем рассматривать случаи, когда дизъюнктивно связанные признаки могут быть совместимыми (т. е. сумма их вероятностей может быть больше 1), к тому же не обязательно, чтобы один из признаков непременно имелся у предмета.

Какова же оптимальная стратегия поиска в случае, когда признаки связаны дизъюнктивно?

Для простоты возьмем случай, когда для отнесения некоторого предмета x к классу A достаточно обнаружить у него один из признаков: a , или b , или c . Если же у предмета нет ни одного из этих признаков, он принадлежит к классу \bar{A} . Средствами логики данную ситуацию можно описать так: $a(x) \vee b(x) \vee c(x) \leftrightarrow x \in A$.

Примером подобной ситуации может быть, например, следующая. Представим себе, что перед нами слово, оканчивающееся на *-(н)ый*, относительно которого мы не знаем, надо ли писать в нем *-ни* или *-н* (например, слово типа *балован(н)ый, мечен(н)ый, сварен(н)ый* и т. п.). Чтобы решить вопрос о правильном написании слова, надо проверить наличие у него определенных признаков. Зависимость написания слова от его признаков можно было бы сформулировать, например, в виде таких (или подобных им) правил: если у слова данного типа имеется приставка (признак a), или пояснительное слово (признаки), или суффикс *-ованн, -еванн* (признак c), или признаки d, e, \dots, n (все их можно точно перечислить), то в этом слове пишется *-ни* (т. е. слово принадлежит к классу A). Если же у слова ни одного из перечисленных признаков нет, то пишется *-н* (т. е. слово принадлежит к классу \bar{A}).

Легко видеть, что слова подобного типа могут иметь либо один из перечисленных признаков (например, слово *дрессированный* имеет признак c), либо одновременно несколько признаков (например, слово *выдрессированный* имеет признаки a и c), либо не иметь ни одного из них (например, слово *меченый*). В последнем случае слово принадлежит к классу \bar{A} . То обстоятельство, что некоторое слово может иметь одновременно несколько из дизъюнктивно связанных признаков, свидетельствует, что эти признаки являются совместимыми и сумма их вероятностей может быть больше 1.

Оптимальная стратегия поиска²²² в подобных случаях зависит, как это ясно из сказанного выше, от соотношения двух факторов: с одной стороны, от сложности признаков (мы условимся выражать ее через среднее время их проверки), с другой — от их вероятностей²²³.

Здесь могут иметь место несколько случаев.

1-й с л у ч а й . Вероятности всех признаков совпадают, а время, необходимое на их проверку, одинаково²²⁴. В этом случае последовательность проверки признаков безразлична.

2-й с л у ч а й . Вероятности признаков одинаковы, а время, необходимое на их проверку, неодинаково. В этом случае надо начинать с признаков, проверка которых требует меньше времени. Такая стратегия увеличивает шанс обнаружить какой-либо из достаточных признаков быстрее.

Для того чтобы выразить оптимальную стратегию поиска в более общем виде, введем следующие обозначения:

вероятности признаков a, b, c будем обозначать, соответственно, через $p(a), p(b), p(c)$;

время, необходимое на проверку признаков a, b, c , будем обозначать, соответственно, через $t(a), t(b), t(c)$;

оператор проверки признаков будем обозначать буквой T ; запись $T(a, b, c)$ будет означать, что

²²¹ Может также быть, что одни из признаков предмета попарно совместимы, а другие — попарно несовместимы. Признаки могут быть также зависимыми и независимыми, но мы в настоящей главе будем рассматривать только независимые признаки.

²²² Общее число возможных стратегий для n признаков равно $P_n = n!$. В данном случае общее число возможных стратегий будет $P_3 = 3 \cdot 2 \cdot 1 = 6$. В самом деле, первым можно проверять один из трех признаков, вторым — один из оставшихся двух, третьим — единственный оставшийся признак.

²²³ Ср. задачу на поиск потерянной вещи или поиск неисправности в приборе (машине), где стратегия проверки мест зависит от вероятности нахождения вещи (неисправности) в данном месте (узле) и от времени, необходимого для проверки каждого места (узла).

²²⁴ Время проверки признаков, отражающее его сложность, устанавливается экспериментально.

признаки a, b, c проверяются в таком порядке: сначала a , потом b , потом c .

Оптимальную стратегию проверки признаков в случае, когда вероятности признаков одинаковы, а время их проверки неодинаково, можно записать так:

$$((p(a) = p(b) = p(c)) \& (t(a) \leq t(b) \leq t(c))) \rightarrow T(a, b, c)^{225}. \quad (1)$$

Эта запись читается следующим образом: если вероятности признаков a, b, c одинаковы, а время, необходимое для проверки признака a , меньше (или равно) времени, необходимого на проверку признака b , и время, необходимое на проверку признака b , меньше (или равно) времени, необходимого на проверку признака c , то оптимальная стратегия такова: сначала следует проверить признак a , затем признак b , затем признак c .

3-й с л у ч а й . Вероятности признаков, вообще говоря, различны, а время, необходимое на их проверку, одинаково. В этом случае надо начинать проверку с наиболее вероятных признаков. Оптимальная стратегия поиска в случае, когда не все вероятности равны, такова:

$$((p(a) \geq p(b) \geq p(c)) \& (t(a) = t(b) = t(c))) \rightarrow T(a, b, c). \quad (2)$$

4-й с л у ч а й . Различны, вообще говоря, как вероятности признаков, так и время, необходимое на их проверку. В этом случае надо определить отношение вероятности каждого признака к времени его проверки и начинать с проверки тех признаков, для которых это отношение больше. Оптимальную стратегию поиска можно записать следующим образом:

$$\left(\frac{p(a)}{t(a)} \geq \frac{p(b)}{t(b)} \geq \frac{p(c)}{t(c)}\right) \rightarrow T(a, b, c)^{226} \quad (3)$$

Разделив вероятность признака на время, необходимое для его проверки, мы как бы узнаем, какая «доля вероятности» приходится на единицу времени поиска. Таким образом, мы как бы сводим этот случай к предыдущему: время проверки признаков оказывается одинаковым, а вероятности различными. Но когда вероятности признаков (при одинаковом времени) различны, то проверку признаков, согласно формуле (2), надо начинать с более вероятных.

Легко видеть, что стратегия (2) является частным случаем стратегии (3) и может быть из нее выведена.

Возникает вопрос, как рассчитать среднее время, которое затрачивается на распознавание явления, когда его признаки связаны дизъюнктивно? Каково, другими словами, среднее время дизъюнктивного поиска? Это среднее время, как мы сказали, является количественной оценкой качества стратегии.

Вернемся к ситуации, рассмотренной на стр. 221 и описанной там формулой логики: $a(x) \vee b(x) \vee c(x) \leftrightarrow x \in A$. Если надо специально подчеркнуть, что в случае отсутствия у предмета всех признаков он принадлежит к классу \bar{A} , то это можно выразить так: $\bar{a}(x) \& \bar{b}(x) \& \bar{c}(x) \leftrightarrow x \in \bar{A}$. Это утверждение вытекает из только что приведенной формулы (и равносильно ей).

Представим себе, что в результате исследования большого количества предметов x установлено, что признаки a, b, c встречаются у них со следующими частотами (вероятностями)²²⁷: $p(a)=0,65$, $p(b)=0,55$, $p(c)=0,45$. ($p(a)=0,65$ означает, что, встречаясь с предметом данного рода, мы в 65 случаях из 100 имеем шанс обнаружить у предмета признак a ; $p(b)=0,55$ означает, что, встречаясь с предметом этого рода, мы в 55 случаях из 100 имеем шанс обнаружить у предмета признак b и т. д.)

Рассмотрим теперь, каково среднее время распознавания предмета x , если последовательность проверок будет a, b, c , а время проверок: $t(a) = 2$ ед. вр., $t(b) = 3$ ед. вр., $t(c) = 1$ ед. вр.²²⁸.

Процесс распознавания по стратегии $S_v(a, b, c)$ состоит в следующем²²⁹. Сначала у предмета про-

²²⁵ В этой - и аналогичных - формулах данной главы мы всюду применяем нестрогое неравенство. Это сделано в целях общности, чтобы охватить также и случай, когда какие-то из связываемых знаком \leq или \geq величин одинаковы. Отметим также, что здесь и далее мы приводим формулы для трех признаков, но все их легко обобщить для случая n признаков.

²²⁶ Оптимальность указанной стратегии можно доказать с помощью рассуждений, обычных в теории вероятностей. Однако ввиду специального характера таких доказательств мы здесь и далее в аналогичных случаях не будем их приводить.

²²⁷ Предположим для простоты, что признаки a, b, c независимы, т. е. вероятность наличия или отсутствия одного из них, например c , не зависит от того, что нам уже известно относительно наличия или отсутствия остальных признаков.

²²⁸ «Ед. вр.» означает «единица времени» (это может быть секунда, микросекунда и т. д.).

²²⁹ В дальнейшем последовательность проверок признаков (т.е. стратегию поиска) мы будем для краткости обозначать буквой S с индексами, указывающими на характер стратегии распознавания. Так, стратегия $T(a, b, c)$ при дизъюнктивном поиске будет обозначаться $S_v(a, b, c)$, стратегия $T_v(b, c, a)$ будет обозначаться $S_v(b, c, a)$ и т.д.

веряется признак a . На проверку признака a затрачивается время $t(a)$. Так как вероятность этого признака $p(a)=0,65$, то в 65 случаях из 100 предмет будет распознан за время $t(a)^{230}$. На распознавание предметов по признаку a при 100 испытаниях мы затратим, таким образом, 65 $t(a)$ ед. вр. = 65·2= 130 ед. вр.

Если признак a у проверяемого предмета будет обнаружен, то для этого предмета проверка на этом закончится.

Если признак a у данного предмета обнаружен не будет, а это произойдет в 35 случаев из 100, то мы будем проверять у него признак b . Признак b встретится в 55% случаев из оставшихся 35 случаев, т. е. $\frac{35 \cdot 55}{100} = 18,25$ случаев. На распознавание предметов, по признаку b надо затратить дополнительно к времени, необходимому на проверку этого признака, еще время, необходимое на проверку признака a , т. е. время $t(a)+t(b)=2$ ед. вр. + 3 ед. вр. = 5 ед. вр. На распознавание предметов по признаку b при 100 испытаниях надо затратить, таким образом, 18,25·5=91,25 ед. вр.

Если у рассматриваемого предмета будет обнаружен признак, b , то для этого предмета проверка на этом закончится.

Если признак b у предмета не будет обнаружен, а это произойдет в оставшихся 100-(65+18,25)= 16,75 случаев, то тогда мы будем проверять признак c . На распознавание предметов по признаку c надо затратить дополнительно к времени, необходимому на, проверку признака c , еще время, необходимое на проверку признаков a и b , т. е. время $t(a) + t(b)+t(c)=2$ ед. вр.+3 ед. вр.+1 ед. вр. =6 ед. вр. На распознавание предметов по признаку c при 100 испытаниях надо затратить, таким образом, 16,75·6= 100,5 ед. вр.

Поскольку признак c последний, то независимо от того, обнаружим мы его у предмета или не обнаружим, проверка на этом будет закончена.

Таким образом, время, которое необходимо затратить на распознавание предметов при 100 испытаниях равно:

$$65 \cdot t(a) + \frac{35 \cdot 55}{100} (t(a) + t(b)) + \left[100 - \left(65 + \frac{35 \cdot 55}{100} \right) \right] \cdot (t(a) + t(b) + t(c)) = 65 \cdot 2 + 18,25 \cdot 5 + 16,75 \cdot 6 = 321,75 \text{ ед. вр. } (*)$$

Теперь можно высчитать среднее время τ_{cp} , которое необходимо затратить на распознавание предметов при одном испытании. Для этого надо разделить полученное число на 100. Мы получим, что среднее время распознавания в нашем примере равно 3,2175 ед. вр. Проанализируем результат. τ_{cp} получается, если каждое из слагаемых выражения (*) разделим на 100. Мы имеем:

$$\tau_{cp} = \frac{65}{100} t(a) + \frac{35}{100} \cdot \frac{55}{100} (t(a) + t(b)) + \left[\frac{100}{100} - \left(\frac{65}{100} + \frac{35}{100} \cdot \frac{55}{100} \right) \right] \cdot (t(a) + t(b) + t(c))$$

Легко заметить, что в каждом из слагаемых имеются числа, которые представляют собой либо вероятности отдельных признаков (например, 0,65= $p(a)$), либо дополнение вероятности признака до 1 (например, 0,35=1— $p(a)$).

В общем виде среднее время τ_{cp} распознавания предметов по нашим трем признакам можно записать так:

$$\tau_{cp} = p(a) \cdot t(a) + (1-p(a)) \cdot p(b) \cdot (t(a) + t(b)) + [1-(p(a) + (1-p(a)) \cdot p(b))] \cdot (t(a) + t(b) + t(c)). \quad (4)$$

В целях сокращения записи заменим теперь в наших формулах обозначения $p(a)$, $p(b)$, ..., $t(a)$, $t(b)$, ... обозначениями p_1 , p_2 , ..., p_n , t_1 , t_2 , ..., t_n ; обозначим (1— p_i) через q_i ($i = 1, 2, \dots, n$). Тогда для n признаков формула примет вид:

$$\tau_{cp} = p_1 t_1 + q_1 p_2 (t_1 + t_2) + q_1 q_2 p_3 (t_1 + t_2 + t_3) + \dots + q_1 q_2 \dots q_{n-2} p_{n-1} (t_1 + t_2 + \dots + t_{n-1}) + [1-(p_1 + q_1 p_2 + \dots + q_1 q_2 \dots q_{n-2} p_{n-1})] (t_1 + t_2 + \dots + t_n). \quad (5)$$

Это и будет формулой среднего времени дизъюнктивного поиска, или оценкой сложности данной стратегии поиска. Легко видеть, что эта формула оценивает сложность (среднее время) данной стратегии поиска как функцию сложности отдельных операций по проверке признаков²³¹ их количества, последовательности, а также их вероятностей. Она представляет собой математическое ожидание времени, которое необходимо затратить на распознавание предметов по данной стратегии. Формулы среднего времени, которые будут приведены ниже, будут представлять собой функции от тех же аргументов.

Смысл формулы (5) можно пояснить несколько иначе.

Время t_1 (и только это время) мы затрачиваем в случае, когда 1-й признак у предмета есть (при наличии 1-го признака других признаков проверять не надо). Вероятность затратить время только t_1

²³⁰ Обнаружение признака представляет собой случайный процесс. При расчете среднего времени поиска каждому признаку (точнее, операции по его выявлению) приписывается два значения: вероятность и среднее время его обнаружения (проверки).

²³¹ По принятому выше допущению о том, что среднее время проверки признака можно рассматривать как показатель сложности этого признака (как своеобразный коэффициент сложности).

равна p_1 . Доля среднего времени, которую вносит проверка 1-го признака, когда он есть у предмета, равна $p_1 t_1$.

Время $t_1 + t_2$ (и только это время) затрачивается в случае, когда 1-го признака у предмета нет, а 2-й признак есть. Вероятность события «1-го признака нет, а 2-й есть» равна $q_1 p_2$. Доля среднего времени, которую вносит проверка 2-го признака, когда он имеется у предмета, равна $q_1 p_2 (t_1 + t_2)$.

Время $t_1 + t_2 + t_3$ затрачивается в случае, когда 1-го и 2-го признаков у предмета нет, а 3-й признак есть. Вероятность события «1-го признака нет и 2-го признака нет, а 3-й признак есть» равна $q_1 q_2 p_3$. Доля среднего времени, которую вносит проверка 3-го признака, когда он имеется у предмета, равна $q_1 q_2 p_3 (t_1 + t_2 + t_3)$.

Время $t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n$ затрачивается в случае, когда у предмета есть n -й признак и отсутствуют все предыдущие $n - 1$ признаков либо предмет не обладает ни одним из проверяемых признаков и не принадлежит к классу A . Вероятность последнего признака при этом не имеет значения. Вероятность события, о котором идет речь, равна единице минус сумма вероятностей всех предыдущих событий, т. е. равна $1 - (p_1 + q_1 p_2 + \dots + q_1 q_2 \dots q_{n-1} p_n)$. Доля среднего времени, которую вносит проверка последнего признака, равна $[1 - (p_1 + q_1 p_2 + \dots + q_1 q_2 \dots q_{n-1} p_n)](t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n)$.

Сумма долей среднего времени, затрачиваемого на распознавание предмета, и представляет собой время, затрачиваемое на распознавание предмета по данной стратегии. Это среднее время и выражает формула (5)²³².

Мы рассмотрели случай, когда признаки предметов совместимы или могут быть совместимы. Если же признаки несовместимы, то формула упрощается:

$$\tau_{cp} = p_1 t_1 + p_2 (t_1 + t_2) + \dots + p_{n-1} (t_1 + t_2 + \dots + t_{n-1}) + [1 - (p_1 + p_2 + \dots + p_{n-1})](t_1 + t_2 + \dots + t_n). \quad (6)$$

Последняя формула получается из предыдущей следующим образом.

Рассмотрим для примера второй член формулы (5). Когда признаки являются несовместимыми, то вероятность того, что при проверке 2-го признака у предмета окажется также и 1-й признак, равна 0. Следовательно, $q_1 = 1 - 0 = 1$. Второй член формулы (5), таким образом, принимает вид $1 \cdot p_2 (t_1 + t_2) = p_2 (t_1 + t_2)$. Сказанное справедливо также относительно всех других членов.

2. Оптимальная стратегия конъюнктивного поиска

Как и в случае дизъюнктивного поиска, при конъюнктивном поиске всегда дана некоторая ситуация, в которой надо что-то найти, и некоторая система объектов (например, признаков), которые надо найти. Однако эти признаки связаны не дизъюнктивно, а конъюнктивно: $a_1 \& a_2 \& \dots \& a_n$.

Возникает вопрос: в какой последовательности целесообразно вести проверку признаков, когда они связаны конъюнктивно?

Как и в предыдущем случае, при рассмотрении вопроса об оптимальном методе поиска привлечем средства логики.

Допустим, для того чтобы отнести предметы некоторого рода к определенному классу, надо, чтобы они обладали признаками a , b и c .

Если у предмета есть все эти признаки, то он принадлежит к классу A , если хотя бы одного нет, то он к классу A не принадлежит, т. е. принадлежит к классу \bar{A} . На языке логики предикатов это можно описать следующим образом: $a(x) \& b(x) \& c(x) \leftrightarrow x \in A$. Если надо специально подчеркнуть, что в случае отсутствия у предмета одного из признаков он принадлежит к классу A , то это можно выразить так: $\overline{a(x)} \vee \overline{b(x)} \vee \overline{c(x)} \leftrightarrow x \in \bar{A}$. Это утверждение вытекает из только что приведенной формулы (и равносильно этой формуле).

Общее число возможных стратегий при конъюнктивном поиске равно $P_n = n!$. В данном случае это $P_3 = 3 \cdot 2 \cdot 1 = 6$.

Как и при дизъюнктивном поиске, стратегия конъюнктивного поиска зависит от соотношения

²³² Формуле (5) равносильна формула $t_1 + q_1 t_2 + q_1 q_2 t_3 + \dots + q_1 q_2 \dots q_{n-1} t_n$, которую можно получить из формулы (5) путем преобразования последней (раскрытия скобок). Но к этой формуле можно прийти и прямо, путем следующего рассуждения.

Первый признак в процессе распознавания проверяется всегда (и, следовательно, время t_1 затрачивается всегда). Если первого признака у предмета нет (а это бывает с вероятностью q_1), то проверяется второй признак. В этом случае дополнительно к времени t_1 с вероятностью q_1 затрачивается время t_2 (дополнительная затрата времени равна, таким образом, $q_1 t_2$). Если у предмета нет ни первого, ни второго признака (а это бывает с вероятностью $(q_1 q_2)$, то с этой вероятностью затрачивается еще время t_3 (в этом случае дополнительные затраты времени равны $q_1 q_2 t_3$) и т. д. Последний признак n проверяется у предмета в случае, если у него нет всех предыдущих признаков (вероятность этого равна $q_1 q_2 \dots q_{n-1}$). Следовательно, дополнительные затраты времени здесь будут $q_1 q_2 \dots q_{n-1} t_n$. Сумма всех этих времен и даст приведенную формулу.

двух факторов: вероятностей признаков и времени, необходимого на их проверку. Здесь также могут иметь место несколько случаев.

1-й с л у ч а й . Вероятности признаков и время, необходимое на их проверку, одинаковы. В этом случае последовательность проверки признаков безразлична.

2-й с л у ч а й . Вероятности признаков одинаковы, а время, необходимое на их проверку, неодинаково. При этих условиях, как и в случае дизъюнктивного поиска, надо начинать с признаков, проверка которых требует меньше времени. Такая стратегия увеличивает шанс обнаружить отсутствие какого-либо из признаков быстрее.

Оптимальную стратегию поиска для 2-го случая можно описать следующим образом:

$$((p(a)=p(b)=p(c)) \& (t(a) \leq t(b) \leq t(c))) \rightarrow T(a, b, c)^{233}. \quad (7)$$

3-й с л у ч а й . Вероятности признаков различны, а время, необходимое на их проверку, одинаково. В этом случае — в отличие от дизъюнктивного поиска — проверку надо начинать с наименее вероятного признака и в ходе проверки переходить от менее вероятных к более вероятным признакам.

При конъюнктивном поиске проверка каждого последующего признака производится только в случае наличия предыдущего признака. Если предыдущего признака нет, то последующий признак не проверяется и делается вывод, что предмет принадлежит к классу \bar{A} . Следовательно, чем более вероятно, что предыдущий признак отсутствует (т. е. чем менее вероятно, что он имеет место), тем в среднем надо проверять меньше признаков, чтобы сделать вывод о принадлежности предмета к классу \bar{A} . Проверка признаков, в ходе которой происходит переход от менее вероятных признаков к более вероятным, позволяет в большем количестве случаев закончить проверку раньше.

Оптимальную стратегию поиска для 3-го случая можно записать так:

$$((p(a) \leq p(b) \leq p(c)) \& (t(a)=t(b)=t(c))) \rightarrow T(a, b, c). \quad (8)$$

4-й с л у ч а й . Различны как вероятности признаков, так и время, необходимое на их проверку. В этом случае надо определить отношение вероятности каждого признака к времени его проверки и начинать распознавание предмета с тех признаков, где это отношение меньше. Оптимальная стратегия поиска в 4-м случае такова:

$$\left(\frac{p(a)}{t(a)} \geq \frac{p(b)}{t(b)} \geq \frac{p(c)}{t(c)}\right) \rightarrow T(a, b, c) \quad (9)$$

Разделив вероятность признака на время, необходимое для его проверки, мы как бы узнаем, какая «доля вероятности» приходится на единицу времени поиска. Тем самым мы как бы сводим этот случай к предыдущему: время проверки признаков оказывается одинаковым, а вероятности различными. Если же вероятности признаков (при одинаковом времени) различны, то проверку признаков, согласно формуле (8), надо начинать с наименее вероятного.

Возникает вопрос о среднем времени конъюнктивного поиска. Выведем соответствующую формулу сначала для трех признаков с тем, чтобы потом привести ее в общем виде для n признаков. Будем считать, что признак a встречается с вероятностью $p(a)$, признак b — с вероятностью $p(b)$, признак c — с вероятностью

$p(c)$. Время, которое надо затратить на проверку каждого признака, равно, соответственно, $t(a)$, $t(b)$, $t(c)$. Будем считать, что мы осуществляем распознавание по стратегии $S_{\&}(a, b, c)$.

Сначала у предмета x проверяется признак a . На проверку признака a затрачивается время $t(a)$. Если признака a у предмета нет (а это бывает с вероятностью $1-p(a)$), то делается заключение, что x принадлежит к классу \bar{A} и на этом проверка прекращается; время $t(a)$ затрачивается в этом случае с вероятностью $1-p(a)$.

Если первый признак имеется у предмета (вероятность этого равна $p(a)$), то у предмета проверяется второй признак. На проверку второго признака затрачивается время $t(a)+t(b)$. В каком случае процесс распознавания заканчивается на проверке второго признака? Это происходит в том случае, когда первый признак у предмета есть, а второго нет. Вероятность события «первый признак у предмета имеется, а второй отсутствует» равна $p(a) \cdot (1-p(b))^{234}$. Следовательно, время $t(a)+t(b)$ затрачивается с вероятностью $p(a) \cdot (1-p(b))$.

Если у предметов имеются и первый и второй признаки, то происходит проверка третьего признака. На такую проверку затрачивается время $t(a)+t(b)+t(c)$ (время $t(a)+t(b)$ затрачивается на то, чтобы убедиться в наличии первых двух признаков, а время $t(c)$ уходит на проверку третьего признака). Так как третий признак последний, то он проверяется с вероятностью единица минус сумма вероятностей

²³³ См. примечание 225.

²³⁴ Здесь и далее в аналогичных случаях мы предполагаем, что все рассматриваемые признаки независимы. В общем же случае вместо безусловных вероятностей надо рассматривать соответствующие условные вероятности. (Об относящихся сюда понятиях см., например: [72], [89], [92], [152].)

всех предыдущих признаков (событий). Следовательно, время $t(a)+t(b)+t(c)$ затрачивается с вероятностью $1-((1-p(a))+p(a)\cdot(1-p(b)))$.

Отсюда среднее время конъюнктивного поиска по стратегии $S_{\&}(a, b, c)$ равно:

$$\tau_{cp} = (1-p(a))\cdot t(a) + p(a)\cdot(1-p(b))\cdot(t(a)+t(b)) + [1-((1-p(a))+p(a)\cdot(1-p(b))))]\cdot(t(a)+t(b)+t(c)). \quad (10)$$

Используя теперь обозначения, введенные на стр. 225, мы сможем переписать формулу (10) в следующем виде:

$$\tau_{cp} = q_1 t_1 + p_1 q_2 (t_1 + t_2) + [1 - (q_1 + p_1 q_2)](t_1 + t_2 + t_3) \quad (11)$$

В общем виде для n признаков мы получим:

$$\tau_{cp} = q_1 t_1 + p_1 q_2 (t_1 + t_2) + \dots + (p_1 p_2 \dots p_{n-1} q_n) \cdot (t_1 + t_2 + \dots + t_n) + [1 - (q_1 + p_1 q_2 + \dots + p_1 p_2 \dots p_{n-1} q_n)](t_1 + t_2 + \dots + t_n) \quad (12)$$

Сравнивая формулы (5) и (12), легко заметить, что при переходе от одной формулы к другой вместо p подставляется q и наоборот, что формула (12) может быть выведена из формулы (5) сразу²³⁵.

3. Оптимальная стратегия дизъюнктивно-конъюнктивного поиска

Мы рассмотрели случаи, когда признаки связаны либо дизъюнктивно, либо конъюнктивно. Однако структура признаков может быть дизъюнктивно-конъюнктивной, т. е. представлять собой дизъюнкцию конъюнкций, и конъюнктивно-дизъюнктивной, т. е. представлять собой конъюнкцию дизъюнкций. В какой последовательности целесообразно вести проверку признаков в случае, когда они представляют собой дизъюнкцию конъюнкций?

Допустим, что предмет x принадлежит к классу A тогда и только тогда, когда он обладает признаками: a , или $(b$ и $c)$, или $(d$ и $e)$. Если у предмета есть хотя бы один из достаточных признаков (в двух последних случаях достаточные признаки являются составными, состоящими из конъюнкции двух признаков), то он принадлежит к классу A , если нет ни одного достаточного признака, то он к классу A не принадлежит, а принадлежит к классу \bar{A} . На языке логики предикатов это можно описать так: $a(x) \vee (b(x) \& c(x)) \vee (d(x) \& e(x)) \leftrightarrow x \in A$.

Если надо специально подчеркнуть, что в случае отсутствия у предмета всех достаточных признаков он принадлежит к классу A , то это можно выразить так:

$$\overline{a(x) \& (b(x) \vee c(x)) \& (d(x) \vee e(x))} \leftrightarrow x \in \bar{A}$$

Расчет общего числа возможных стратегий при дизъюнктивно-конъюнктивной структуре признаков происходит по следующей схеме.

Если бы каждый дизъюнктивный член состоял всего из одной буквы, то общее число стратегий было бы равно $P_3=3!$. Но второй член состоит из двух букв, которые дают $P_2=2!$ перемещений. Третий член также состоит из двух букв, которые дают $P_2=2!$ перемещений. Общее число перемещений, соответствующее общему числу стратегий, равно $P_3 \cdot P_2 \cdot P_2 = 3! \cdot 2! \cdot 2!$. В целях единообразия записи можно включить в формулу и то число перемещений, которое дает дизъюнктивный член, состоящий из одной буквы.

Оно равно $P_1=1!=1$. Тогда число стратегий для распознавания явления по дизъюнктивно связанным признакам $a \vee (b \& c) \vee (d \& e)$ можно записать так: $P_3 \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_2 = 3! \cdot 1! \cdot 2! \cdot 2! = 24$.

Выведем общую формулу числа стратегий для n признаков.

Будем считать, что имеется n дизъюнктивных членов. Обозначим количество признаков, из которых состоит 1-й дизъюнктивный член, буквой k_1 количество признаков, из которых состоит 2-й дизъюнктивный член, — буквой k_2 , количество признаков, из которых состоит k -тый дизъюнктивный член, — буквой k_m . Тогда общее число возможных стратегий будет равно:

$$n! \cdot k_1! \cdot k_2! \cdot \dots \cdot k_m! = n! \cdot \prod_{i=1}^m k_i! \quad (13)$$

Метод определения оптимальной стратегии при дизъюнктивно-конъюнктивном поиске можно описать следующим образом:

1) по формуле наилучшей стратегии конъюнктивного поиска (для случая трех признаков это была формула (9)) определяется стратегия проверки признаков внутри каждого составного дизъюнктивного

²³⁵ Формуле (12) равносильна формула

$$t_1 + p_1 t_2 + p_1 p_2 t_3 + \dots + p_1 p_2 \dots p_{n-1} t_n$$

которую можно получить из формулы (12) путем преобразования последней. Но эту формулу можно получить и прямо, путем рассуждения, аналогичного приведенному в сноске 232 (или путем замены в формуле, приведенной в сноске 232, q на p).

²³⁶ Приведенные выше формулы числа стратегий при «чисто» конъюнктивном и «чисто» дизъюнктивном поиске являются частным случаем этой формулы и могут быть из нее выведены.

члена, представляющего собой конъюнкцию признаков;

2) по формуле среднего времени конъюнктивного поиска (12) определяется среднее время проверки каждого составного дизъюнктивного члена, состоящего из конъюнкций признаков;

3) по вероятностям конъюнктивно связанных признаков определяется вероятность каждого дизъюнктивного члена²³⁷;

В результате всех проведенных расчетов получаются данные о вероятности и среднем времени проверки каждого дизъюнктивного члена, причем последовательность проверок признаков внутри каждого дизъюнктивного члена выбрана наилучшая. Теперь каждый составной дизъюнктивный член можно рассматривать как простой;

4) по формуле наилучшей стратегии дизъюнктивного поиска (для случая трех признаков это была формула (3)) определяется оптимальная последовательность проверок дизъюнктивных членов.

Найденная стратегия будет наилучшей. Среднее время распознавания по этой стратегии можно определить по формуле (5).

4. Оптимальная стратегия конъюнктивно-дизъюнктивного поиска.

В рассмотренном в предыдущем параграфе случае признаки были связаны дизъюнктивно-конъюнктивно, т. е. представляли собой дизъюнкцию конъюнкций. Однако они могут быть связаны конъюнктивно-дизъюнктивно, т. е. представлять собой конъюнкцию дизъюнкций. В какой последовательности целесообразно вести проверку признаков в этом случае?

Допустим, что предмет x принадлежит к классу A тогда и только тогда, когда он обладает признаками a , и (b или c), и (d или e).

На языке логики предикатов это можно описать так:

$$a(x) \& (b(x) \vee c(x)) \& (d(x) \vee e(x)) \leftrightarrow x \in A.$$

Если надо специально подчеркнуть, что в случае отсутствия у предмета какого-либо из необходимых признаков он принадлежит к классу A , то это можно выразить так:

$$\overline{a(x)} \vee (\overline{b(x)} \& \overline{c(x)}) \vee (\overline{d(x)} \& \overline{e(x)}) \leftrightarrow x \in \bar{A}.$$

Общее число стратегий при конъюнктивно-дизъюнктивном поиске подсчитывается по той же формуле (13), что и общее число стратегий при дизъюнктивно-конъюнктивном поиске.

Метод определения оптимальной стратегии при конъюнктивно-дизъюнктивном поиске таков:

1) по формуле наилучшей стратегии дизъюнктивного поиска (для случая трех признаков это была формула (3)) определяется наилучшая стратегия проверки признаков внутри каждого составного конъюнктивного члена, представляющего собой дизъюнкцию признаков;

2) по формуле (5) среднего времени дизъюнктивного поиска определяется среднее время проверки каждого составного конъюнктивного члена, состоящего из дизъюнкции признаков;

3) по вероятностям дизъюнктивно связанных признаков определяется вероятность каждого конъюнктивного члена²³⁸;

4) по формуле наилучшей стратегии конъюнктивного поиска (для случая трех признаков это была формула (9)) определяется оптимальная последовательность проверок конъюнктивных членов.

Найденная стратегия будет наилучшей. Среднее время распознавания по этой стратегии можно определить по формуле (12).

Указанные в настоящем параграфе способы расчета оптимальной стратегии поиска и формулы оценки среднего времени поиска, дающие возможность оценить (по заданному критерию) оптимальность любой выбранной стратегии, носят весьма общий характер. Эти способы и формулы применимы к самым разнообразным случаям поиска в условиях альтернативного выбора. Однако, чтобы такое применение, в частности к анализу процесса распознавания, стало практически возможным, необходимо накопление в психологии и педагогике статистического материала, касающегося частотности определенных признаков и среднего времени их проверки. Пока не будут проведены такие статистические исследования учебного материала и процессов его познания, применять математические методы можно только при условии некоторых допущений. Пример расчета оптимальной стратегии распознавания (оптимального алгоритма) при условии определенных допущений будет приведен в следующем параграфе.

§ 2. ПОИСК В УСЛОВИЯХ МНОЖЕСТВЕННОГО ВЫБОРА

До сих пор мы рассматривали методы определения оптимальной стратегии поиска в условиях

²³⁷ Подсчет производится по правилу умножения вероятностей. Так, вероятность $p(ab) = p(a) \cdot p_a(b) = p(b) \cdot p_b(a)$.

²³⁸ Подсчет производится по правилу сложения вероятностей. Так вероятность $p(a+b) = p(a) + p_a(b) = p(b) + p_b(a)$.

альтернативного выбора. Рассмотрим теперь методы определения оптимальной стратегии поиска в условиях множественного выбора²³⁹.

Если в задачах на альтернативный выбор надо определить, входит ли данный предмет x в один интересующий нас класс A (т. е. входит ли он в A или \bar{A}), то в задачах на множественный выбор задача состоит в том, чтобы решить, в какой класс из некоторого конечного множества интересующих нас классов, состоящего больше чем из одного класса, входит предмет x .

Прежде всего надо сказать о том, что задачи на множественный выбор могут быть сведены к задачам на альтернативный выбор. Допустим, что дан некоторый предмет x , о котором известно, что он принадлежит к одному из классов A, B, C , и надо определить, к какому из них он принадлежит. Решать такую задачу можно так. Сначала можно определить, принадлежит ли данный предмет к классу A или \bar{A} , причем под классом \bar{A} понимается объединение классов B и C . Если окажется, что данный предмет принадлежит к классу \bar{A} , то затем надо определить, принадлежит ли данный предмет к классу B или \bar{B} , имея в виду под \bar{B} класс C . Такой способ, однако, во многих случаях оказывается нерациональным. Гораздо рациональнее проверять предмет на наличие признаков не каждого класса в отдельности, а на признаки, общие различным классам.

До сих пор для определения стратегии оптимального поиска в условиях альтернативного выбора мы пользовались понятиями теории вероятностей. Для определения же стратегии оптимального поиска в условиях множественного выбора большое значение приобретают понятия и методы теории информации.

1. О некоторых понятиях теории информации²⁴⁰

Поскольку в ходе дальнейшего изложения нам придется производить отдельные расчеты и пользоваться рядом понятий теории информации, охарактеризуем кратко эти понятия.

Одним из основных представлений, с которым связаны понятия теории информации, является понятие **о п р е д е л е н н о с т ь**. Когда какое-то явление имеет несколько возможных исходов и неизвестно, какой из них наступит, то мы имеем дело с ситуацией неопределенности. Так, при бросании монеты неизвестно, выпадет герб или решетка; если к доске выходит отвечать средний ученик, то мы не знаем, какую оценку он получит: «двойку», «тройку», «четверку» или «пятерку»; если в урне имеется восемь шаров разных цветов и мы наугад вытаскиваем из нее шар, то мы не знаем, какой шар мы вытащим: красный, белый, черный или какой-либо другой. Если считать, что все исходы в каждой из ситуаций равновероятны, то эти события и их вероятности можно изобразить в следующем виде.

Исходы	Герб	Решка
Вероятности	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

Исходы	«Двойка»	«Тройка»	«Чет- верка»	«Пя- терка»
Вероятности	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

Исходы	Красный	Желтый	Зеленый	Синий	Фиоле- товый	Белый	Серый	Черный
Вероятности	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$

Из схем видно, что в случаях, когда количество возможных исходов больше, вероятность каждого отдельного исхода меньше. Так, если ситуация имеет 4 возможных равновероятных исхода, то вероятность каждого исхода равна $\frac{1}{4}$; если 8 исходов, то $\frac{1}{8}$ и т. п. Сумма вероятностей всех исходов при полной системе событий равна 1.

Чем больше возможных исходов имеет какая-либо ситуация, тем она неопределенней в том смысле, что с ней связано меньше шансов правильно предсказать, какой из исходов наступит. Неопределенность можно было бы, таким образом, измерить количеством возможных исходов (при условии, что они равновероятны). Однако в теории информации неопределенность измеряется не просто количеством исходов, а логарифмом (как правило,

²³⁹ Заметим, что поиск в условиях альтернативного выбора можно рассматривать как частный случай поиска в условиях множественного выбора, а именно такой частный случай, в котором множество классов состоит всего из двух классов, причем второй класс является дополнением первого до совокупности всех объектов, из которых производится выбор.

²⁴⁰ Более строгое и полное изложение рассматриваемых в этой части параграфа вопросов можно найти в работах по теории информации (см., например: [93], [181], [182]).

двоичным) этого количества²⁴¹. Так, неопределенность ситуации с бросанием монеты считается равной не 2, а $\log 2$; неопределенность оценки, которую может получить ученик, считается имеющей неопределенность $\log 4$; неопределенность ситуации с вытаскиванием шаров составляет $\log 8$. Вообще неопределенность ситуации, в которой имеется n равновероятных исходов, равна $\log n$.²⁴²

Из той связи, которая существует между количеством возможных исходов и вероятностями отдельных исходов, ясно, что неопределенность ситуации можно выразить не только через логарифм количества исходов, но и через логарифм вероятности любого отдельного исхода. Так, если какая-то ситуация имеет 8 равновероятных исходов, то ее неопределенность равна $\log 8$. Но $\log 8 = -\log \frac{1}{8}$; а $\frac{1}{8}$ — это вероятность (p) любого из исходов. В общей форме $\log n = -\log \frac{1}{n}$; но так как $\frac{1}{n} = p$, то $\log \frac{1}{n} = -\log p$. Следовательно, $\log n = -\log p$. Если левая часть равенства выражает неопределенность через логарифм количества исходов, то правая — через логарифм вероятности отдельного исхода.

Через понятие неопределенности можно раскрыть понятие информации. Информация есть то, что снимает или ограничивает неопределенность²⁴³. Если человек, например, не знает, какая завтра будет погода: дождь, снег, пасмурно или ясно, а бюро прогнозов сообщило, что будет дождь, то именно потому, что прогноз снимает неопределенность в знаниях, он и несет информацию. Сообщение, которое не снимает никакой неопределенности, не несет и никакой информации. В самом деле, если человек наверняка знает, что завтра утром взойдет солнце (никакой неопределенности в его знаниях нет, так как солнце не может не взойти), то сообщение о восходе солнца не будет нести никакой информации.

Связь информации с неопределенностью дает возможность измерять информацию количественно. Совершенно понятно, что информация, содержащаяся в каком-то сообщении, тем больше, чем большую неопределенность она снимает. Естественно поэтому измерять информацию той неопределенностью, которую она снимает²⁴⁴. Так, сообщение о том, что при ответе ученик получил «четверку», снимает неопределенность, равную $\log 4$, и несет поэтому информацию, равную $\log 4 = 2$. Если исходить из того, что учитель ставит также и «единицы» (т. е. ученик может получить одну из пяти оценок), то сообщение о том, какую оценку получил ученик, снимает неопределенность, равную $\log 5$, и несет количество информации, равное $\log 5 = 2,32$. Как мы видим, информация (или, точнее, количество информации) измеряется определенными числами. В наших примерах эти числа были больше единицы.

Возникает вопрос о том, что считать единицей количества информации, какова та неопределенность, с ликвидацией которой естественно связать понятие о единице количества информации? Такой неопределенностью естественно считать неопределенность ситуации, имеющей два равновероятных исхода (например, неопределенность, связанную с бросанием монеты). Сообщение о том, как упала монета, снимает неопределенность, равную $\log 2$, и несет количество информации, равное $\log 2 = 1$. Информация, снимающая неопределенность, связанную с двумя равновероятными исходами, и принята за единицу количества информации; она получила название «двоичная единица» (количества) информации («дв. ед.»), или «бит».

Все сказанное можно изложить несколько иначе.

Представим себе, что в наших знаниях имеется неопределенность относительно наступления каких-то событий. Один из способов ликвидировать ее — это задать компетентному человеку вопрос и получить на него ответ. Суть любого вопроса состоит в том, что человек посредством него сообщает о своем незнании чего-либо и хочет получить информацию, которая бы это незнание ликвидировала.

Вопросы можно сравнивать между собой с различных точек зрения. Особый интерес представляет сравнение вопросов с точки зрения того, какую степень незнания они выражают. Как эту степень незнания измерить

²⁴¹ В дальнейшем мы всюду будем пользоваться логарифмами при основании 2, специально этого не оговаривая.

²⁴² О причинах выбора логарифмической меры для измерения неопределенности см. сноску 244.

²⁴³ В настоящей работе мы будем говорить, главным образом, о неопределенности в наших знаниях относительно каких-либо событий и информации, которая снимает эту неопределенность. Но понятия неопределенности и информации применимы не только по отношению к знаниям. Так, если электрический ток от какого-либо источника может пойти, например, по одному из восьми проводов, то неопределенность данной ситуации равна $\log 8$. Но включив определенный контакт, мы заставим ток идти по одному определенному проводу и тем самым снимем исходную неопределенность, «сообщив» системе определенную информацию.

²⁴⁴ Соглашение, согласно которому в качестве меры информации (и неопределенности) выбирается логарифм вероятности события, взятый с обратным знаком, обосновывается следующими естественными требованиями:

- 1) информация должна возрастать с уменьшением вероятности события, несущего эту информацию;
- 2) при $p=1$ (достоверное событие) информация должна равняться нулю;
- 3) информация, доставляемая нам при одновременном наступлении двух независимых событий, должна равняться сумме информации, которую несет каждое из них. Единственная функция $f(p)$, обладающая свойствами

- 1) $f(p_1) > f(p_2)$ при $p_1 < p_2$,

- 2) $f(1) = 0$,

- 3) $f(p_1 p_2) = f(p_1) + f(p_2)$

«есть функция — $\log p$; этим и определяется выбор логарифмической меры неопределенности информации. Подробнее об этом см., например, [182].

и оценить?

Очевидно, сделать это можно путем оценки той неопределенности, которая отражается в некотором вопросе и которая ликвидируется получением соответствующей информации. Возьмем, к примеру, два вопроса: 1) Поедете ли вы в воскресенье за город? и 2) Какого числа в будущем году будет солнечное затмение?

Неопределенность в знаниях, которая «стоит» за первым вопросом, равна $\log 2$. Здесь возможно всего два ответа (исхода): либо человек поедет в воскресенье за город, либо он не поедет (исходы предполагаются равновероятными). Неопределенность же, которая «стоит» за вторым вопросом, равна $\log 365$, так как человек, не знающий астрономии, может предполагать, что затмение может произойти в любой из 365 дней года. За этими вопросами стоит, следовательно, различная неопределенность в знаниях или — что то же — различная степень незнания. Ответ на каждый из вопросов, ликвидируя различную неопределенность, содержит и различное количество информации. Ее легко подсчитать. Количество информации, которое содержится в ответе на второй вопрос, в $\frac{\log 365}{\log 2} = 8,51$ раза больше количества информации, которое содержится в ответе на первый вопрос.

Идя этим путем, мы имеем возможность сравнивать степень незнания, заключенную в тех или других вопросах, независимо от содержания этих вопросов, отвлекаясь от этого содержания. Так, вопросы: «Поедете ли вы в воскресенье за город?» и «Делится ли натуральное число n нацело на 2?» выражают одну и ту же степень нашего незнания (в обоих случаях возможны два равновероятных исхода). Информация, содержащаяся в ответах на эти вопросы, одинакова.

По тому, какую неопределенность должен ликвидировать ответ на данный вопрос, все вопросы можно разбить на двоичные, троичные, четверичные и вообще n -ричные. Единицу информации «бит» также можно мыслить себе как количество информации, которое содержится в ответе на один двоичный вопрос.

Любой n -ричный вопрос можно представить в виде некоторой совокупности двоичных вопросов²⁴⁵. Например, четверичный вопрос об отметке, которую получил ученик, можно разбить на два двоичных вопроса. Для этого надо разделить все отметки на две группы и в первом вопросе спросить, получил или нет ученик отметку, принадлежащую, например, к первой группе (т. е. «двойку» или «тройку»). После ответа на этот вопрос («да» или «нет») вторым вопросом можно точно узнать, какую отметку получил ученик. Неопределенность, содержащаяся в одном четверичном вопросе, равна $\log 4$. Этой величине ($\log 4 = 2$ дв. ед.) равно и количество информации, которое несет ответ на этот вопрос. Неопределенность, которая содержится в двух двоичных вопросах, также равна $\log 4$. В самом деле, $2 \log 2 = \log 2^2 = \log 4$. Отсюда количество информации, которое несут ответы на два двоичных вопроса, равно тем же 2 дв. ед.: $2 \log 2 = 2$.

В примерах, которые мы рассматривали выше, получаемая человеком информация снимала всю неопределенность сразу и поэтому ее количество в точности было равно величине этой неопределенности. Если, например, неопределенность была равна $\log 4$, то и количество информации было равно $\log 4 = 2$ дв. ед. Часто, однако, получаемое сообщение снимает не всю неопределенность, а лишь ее часть. Как измерить количество информации в этом случае? Очевидно, что и в этом случае информацию надо измерять величиной той неопределенности, которую она снимает. Вычислить же эту неопределенность можно следующим образом. От исходной неопределенности (неопределенности до получения сообщения) надо отнять ту неопределенность, которая остается после получения сообщения. Рассмотрим пример

Допустим, что поступление в магазин какой-то интересующей человека книги ожидается в течение первых десяти дней определенного месяца. Допустим теперь, что человек пришел в магазин первого числа и продавщица ему сказала, что раньше чем восьмого числа книга не поступит. Чему равно количество информации, которую сообщила покупателю продавщица?

Исходная неопределенность была равна $\log 10$ (поступление книги можно было ждать в один из 10 дней). После сообщения продавщицы осталась неопределенность, равная $\log 3$ (поступление книги теперь можно ждать в течение одного из 3-х дней). Неопределенность, которая была ликвидирована сообщением продавщицы, равна $\log 10 - \log 3 = 1,74$. Это число и указывает количество информации в дв. ед., содержащееся в сообщении продавщицы.

Обозначим символом $H(\beta)$ неопределенность, содержащуюся в исходной ситуации β ; символом $H_\alpha(\beta)$ обозначим неопределенность ситуации β , которая остается после получения сообщения α . Обозначим количество информации, содержащееся в сообщении α относительно ситуации β через $I(\alpha, \beta)$. Очевидно, что $I(\alpha, \beta) = H(\beta) - H_\alpha(\beta)$. Прочсть эту формулу можно так: Количество информации, содержащееся в сообщении α относительно ситуации β равно исходной неопределенности ситуации β минус та неопределенность, которая остается после получения сообщения α .

Легко видеть, что случаи, когда сообщение ликвидирует сразу всю неопределенность, также охватываются этой формулой. Только здесь $H_\alpha(\beta) = 0$ (после получения сообщения никакой неопределенности не остается). Формула в этом случае приобретает такой вид: $I(\alpha, \beta) = H(\beta) - 0 = H(\beta)$.

До сих пор мы рассматривали ситуации, где все исходы были равновероятными (или мы предполагали их равновероятными). Очень часто, однако, приходится иметь дело с ситуациями, где исходы неравновероятны. Так, если мы допускали, что средний ученик может с одинаковой вероятностью получить при ответе и «двойку», и

²⁴⁵ Это обстоятельство, кстати, и проливает свет на выбор в качестве основной единицы количества информации именно двоичной единицы (любой выбор можно представить в виде последовательности выборов с двумя исходами).

«тройку», и «четверку», и «пятерку», то у хорошего ученика вероятности получения «четверки» и «пятерки» выше, чем «двойки» и «тройки», у плохого ученика — наоборот. Предсказать отметку хорошего и плохого ученика легче, чем среднего ученика. Это связано с тем, что неопределенность ситуации, где все исходы равновероятны, больше неопределенности ситуации, в которой исходы неравновероятны, т. е. одни исходы можно ожидать чаще, чем другие.

Из сказанного ясно, что неопределенность ситуации зависит не только от количества исходов (как мы считали до сих пор), но и от их вероятностей; иначе говоря, неопределенность ситуации является функцией этих двух факторов. Следующая формула, предложенная К. Шенноном, позволяет оценить неопределенность ситуации и в тех случаях, когда исходы неравновероятны:

$$H = -p_1 \log p_1 - p_2 \log p_2 - \dots - p_n \log p_n = \sum_{i=1}^n (-p_i \log p_i)$$

Величина H , обозначающая среднее значение неопределенности, называется в теории информации энтропией. Приведенная выше (стр. 139) формула неопределенности для n равновероятных исходов является частным случаем этой общей формулы энтропии и получается из нее, если положить в этой формуле все исходы равновероятными, т. е. считать, что $p_1=p_2=\dots=p_n=p$.

2. О методе расчета оптимальной стратегии распознавания в условиях множественного выбора

Выше говорилось о том, что распознать какое-либо явление — это значит определить, к какому классу оно относится. Например, распознать, какой частью речи является данное слово, значит определить: существительное ли оно, или прилагательное, или числительное, или местоимение, или глагол, или причастие, или деепричастие, или предлог, или союз, или частица, или междометие?

Нетрудно заметить, что ситуация, в которой находится человек, когда ему надо распознать какое-то явление, — это ситуация неопределенности. Задача распознавания состоит, собственно говоря, в том, чтобы эту неопределенность снять, выбрав одну из имеющихся возможностей.

В примерах, которые приводились в разделе 1 этого параграфа, неопределенность ситуаций снималась сообщениями, исходившими от других людей (от бюро прогнозов, от продавца и т. п.). В рассматриваемой нами сейчас ситуации неопределенность должен снять сам человек посредством собственной познавательной деятельности. Это возможно потому, что познавательная деятельность направлена на получение определенной информации. Подход к познавательной, и в частности мыслительной, деятельности с точки зрения того, какую информацию извлекают определенные познавательные акты, делает возможным в определенных пределах применение к анализу познавательной деятельности точных методов теории информации. Становится правомерной постановка такой, например, задачи: как надо организовать познавательную деятельность человека (в частности, ученика), чтобы он мог получать наибольшее количество информации за наименьшее время. При каких условиях количество извлекаемой информации будет наибольшим?²⁴⁶

Рассмотрим проблему на примере задачи на распознавание вида простых предложений. Хотя пример, на котором будет раскрыт метод определения оптимальной стратегии распознавания, является частным, сам метод имеет достаточно общее значение и может быть применен к решению других задач, причем не только грамматических.

В школе изучаются четыре вида простых предложений: определенно-личные, неопределенно-личные, безличные и назывные. Определенно-личные предложения бывают двух типов, каждый из которых имеет свои особые признаки. Назовем их «определенно-личными предложениями I типа» и «определенно-личными предложениями II типа». Если каждый из типов личных предложений считать самостоятельной разновидностью простых предложений, то практически ученик имеет дело с пятью видами простых предложений²⁴⁷. Обозначим их большими буквами латинского алфавита: «определенно-личное I типа» — A , «назывное» — B , «определенно-личное II типа» — C , «неопределенно-личное» — D , «безличное» — E .

Когда ученик сталкивается с каким-либо предложением x , вид которого ему надо определить, то он оказывается в ситуации неопределенности, имеющей 5 возможных исходов: x — это либо A , либо

²⁴⁶ Так как время распознавания зависит от количества операций, их вероятностей, последовательности и времени, затрачиваемого на каждую операцию, то в частном случае, когда время, затрачиваемое на различные операции, одинаково — а мы будем рассматривать именно такой случай — указанную задачу можно сформулировать так: как надо организовать познавательную деятельность человека, чтобы он мог получать наибольшее количество информации за наименьшее число «шагов», или «ходов» (познавательных актов). Прежде чем рассмотреть задачу в общем виде, мы рассмотрим ее в этом частном варианте.

²⁴⁷ Относительно обобщенно-личных предложений пояснения будут даны ниже, в главе XVI.

B , либо C , либо D , либо E ($x \in A$, или $x \in B$, или $x \in C$, или $x \in D$, или $x \in E$). «Исходы» в данном случае — это пять возможных гипотез о принадлежности предложения x к одному из видов предложений, и задача состоит в том, чтобы определить, какая из них верна.

Если знать, с какой частотой в языке встречается каждый из видов предложений, т. е. знать вероятности каждого из исходов (это знание можно получить путем статистического изучения языка), то легко оценить неопределенность задачи, с которой имеет дело ученик. Поскольку, однако, в настоящее время мы не располагаем сведениями о сравнительной частотности различных видов предложений, приходится исходить из некоторого упрощения, принимая все исходы равновероятными; так иногда поступают, когда неизвестны вероятности тех или иных явлений²⁴⁸. При этом условии неопределенность ситуации, с которой сталкивается ученик, когда ему надо распознать вид простого предложения, равна $\log 5$ ²⁴⁹.

Рациональный алгоритм решения этой задачи должен снять данную неопределенность за наименьшее количество операций²⁵⁰. В каком случае это возможно? Очевидно, в том случае, когда будут найдены такие операции, каждая из которых извлечет максимально возможную (в данной ситуации) информацию. Свойство умственных операций снимать неопределенность и извлекать ту или иную информацию мы будем называть информативностью умственных операций. Задача составления рационального алгоритма сводится, таким образом, к нахождению таких операций, которые — в рамках данной задачи — снимают наибольшую неопределенность и извлекают наибольшую информацию, т. е. обладают наибольшей информативностью.

От чего же, в свою очередь, зависит информативность операций, чем она определяется? Ответ на этот вопрос связан с выявлением функций умственных операций в процессе распознавания предметов и явлений.

Как мы неоднократно говорили, процесс распознавания состоит в том, что в явлениях посредством умственных операций вычленяются определенные признаки, отраженные в понятиях об этих явлениях. В зависимости от того, имеются у явлений эти признаки или они отсутствуют, делается заключение о том, к какому классу принадлежат эти явления.

Опишем признаки видов простых предложений в виде следующей структурной схемы признаков и будем исходить из этих признаков как из данных²⁵¹.

Признаки видов простых предложений

²⁴⁸ Заметим, что независимо от того, считаем мы исходы равновероятными или неравновероятными, принципиальный ход рассуждений и методы расчетов остаются одними и теми же. А именно это для нас сейчас главное. Вместе с тем такая постановка задачи о поиске оптимальной стратегии распознавания показывает, каких данных недостает в современной лингвистике и методике обучения языкам и какие данные надо собирать.

²⁴⁹ Неопределенность ситуации является, по-видимому, одним из объективных показателей степени трудности задачи (хотя и не единственным). Совершенно очевидно, что, чем больше неопределенность ситуации, тем больше существует возможных путей поисков решения задачи и тем, при прочих равных условиях, труднее задача. Таким образом, подход к задачам с позиции теории информации, в частности вычисление энтропии, представленных в условиях задач, позволяет подойти к формулированию некоторых объективных критериев оценки трудности задач.

²⁵⁰ Поскольку статистических данных о степени сложности отдельных операций пока нет (как нет, насколько нам известно, данных о частотности различных видов простых предложений), мы будем, как уже сказано, исходить из допущения, что эти операции имеют одинаковую сложность (или — что то же — время проверки различных признаков простых предложений одинаково). Принятие этого допущения, как и допущения о равновероятности различных видов простых предложений, не меняет принципиального хода рассуждений. Ведь задача настоящей главы состоит лишь в том, чтобы показать возможные пути приближенного математического моделирования процессов распознавания. При этом конкретные значения тех или иных величин, входящих в рассматриваемые модельные описания, не играют существенной роли.

²⁵¹ Почему в основу распознавания видов простых предложений положены именно эти признаки, будет показано ниже (см. главу XVI).

Определенно-личное I типа	Определенно-личное II типа	Неопределенно-личное	Безличное	Назывное
1) Есть подлежащее и 2) есть сказуемое	1) Нет подлежащего и 2) сказуемое выражено глаголом 1-го или 2-го лица	1) Нет подлежащего и 2) сказуемое выражено глаголом 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном	1) Нет подлежащего и 2) сказуемое выражено любой частью речи, кроме глаголов 1-го и 2-го лица, а также 3-го лица множественного числа	1) Есть подлежащее и 2) нет сказуемого ²⁵²

Обозначим каждый признак (точнее, высказывание о признаке) определенной буквой:

есть подлежащее — a ,

есть сказуемое — b ,

сказуемое выражено глаголом 1-го или 2-го лица — c ,

сказуемое выражено глаголом 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе) — d .

нет подлежащего — \bar{a} ,

нет сказуемого — \bar{b} ,

сказуемое не выражено глаголом 1-го или 2-го лица — \bar{c} ,

сказуемое не выражено глаголом 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе) — \bar{d} .

Как мы видим, количество признаков, которыми описываются виды простых предложений, изучаемые в школе, равно четырем (a , b , c , d). Но виды предложений определяются не изолированными признаками, а их определенными сочетаниями, комбинациями.

Важно отметить, что приведенные выше сочетания признаков являются не единственно возможными.

Методы и символика математической логики дают возможность легко, наглядно и экономно описать все возможные комбинации признаков видов простых предложений. Вот как будут выглядеть в символической записи признаки видов простых предложений, указанные выше:

определенно-личное I типа — $a\&b$,

определенно-личное II типа²⁵³ — $\bar{a}\&b\&c$,

неопределенно-личное — $\bar{a}\&b\&d$,

безличное — $\bar{a}\&b\&\bar{c}\&\bar{d}$,

назывное — $a\&\bar{b}$.

Теперь можно более точно описать ситуацию той задачи, которую нужно решить, чтобы распознать вид того или иного предложения x . Вопрос о том, каким является данное предложение, конкретизируется следующим образом. Надо выяснить, обладает ли оно признаками $a\&b$, или признаками $\bar{a}\&b\&c$, или признаками $\bar{a}\&b\&d$, или признаками $\bar{a}\&b\&\bar{c}\&\bar{d}$, или признаками $a\&\bar{b}$.

Здесь возникает вопрос о том, в каком порядке осуществлять операции по проверке у предложения признаков, какова наиболее рациональная последовательность таких проверок? Различные последовательности проверок признаков и будут представлять собой различные алгоритмы решения данной

²⁵² Достаточным признаком назывного предложения является признак «нет сказуемого». Здесь мы, однако, привели и признак «есть подлежащее», поскольку учащихся мы обучали этим двум признакам. Распознавание назывного предложения при действиях по рациональному алгоритму осуществляется, как увидим дальше, на основе указанных двух признаков. Важно отметить также и то, что всюду в этой главе рассматриваются лишь полные предложения. Это соответствует тому, как изучается тема «Виды простых предложений» в школе. Изучение простых предложений начинается в школе с полных предложений. Признаки неполных предложений вводятся лишь после того, как учащиеся научаются распознавать виды полных предложений. Чтобы обучить учащихся отличать неполные предложения от полных, в которых отсутствует один из главных членов, надо при изучении неполных предложений к приведенным выше признакам добавить некоторые дополнительные. Эти признаки будут рассмотрены ниже, в главе XVI.

²⁵³ При описании признаков определенно-личных предложений II типа, неопределенно-личных и безличных предложений мы в явном виде указываем наличие в них сказуемых, хотя этого можно было бы и не делать, ограничившись указанием формы глагола, которым выражено сказуемое (в самом деле, если сказано, что сказуемое в предложении выражено глаголом 3-го лица множественного числа, то тем самым сказано, что в предложении есть сказуемое). Заметим также следующее. Поскольку буквы лишь описывают состав признаков соответствующих видов простых предложений, но не указывают последовательности их проверки, они могут быть в формуле написаны, вообще говоря, в любом порядке.

задачи (при названных исходных признаках).

Если признаки, которые надо проверять у некоторого предмета для отнесения его (в процессе множественного выбора) к одному из классов, являются независимыми и в процессе распознавания в каждом случае у предмета надо проверять все признаки, то формула, определяющая число возможных стратегий распознавания, имеет следующий вид:

$$n \cdot (n-1)^2 \cdot (n-2)^4 \cdot (n-3)^8 \dots (n-(n-2))^{2^{n-2}} = \prod_{i=0}^{n-2} (n-i)^{2^i}$$

(Первым может проверяться один из n признаков. Поскольку каждый из признаков, проверяемый первым, может в предложении либо иметься, либо отсутствовать, то в каждом из случаев для второй операции остаются по $n-1$ возможностей. Всего для второй операции имеется, таким образом, $(n-1)^2$ возможностей. Для третьей операции имеется, соответственно, $(n-2)^4$ возможностей и т.д. Последняя операция однозначно определяется предыдущими операциями.)

Эта формула отличается от формулы общего числа стратегий распознавания в условиях альтернативного выбора. При решении задач на альтернативный выбор отсутствие одного из конъюнктивно-связанных признаков ведет к прекращению процесса распознавания и формулированию отрицательного заключения. При решении же задач на множественный выбор отсутствие проверяемого признака в общем случае не ведет к прекращению процесса распознавания.

Если бы признаки простых предложений были независимыми и для отнесения предложения к тому или иному виду надо было бы проверить у него все признаки, то общее число возможных стратегий действий, согласно только что приведенной формуле, было бы равно 576. Однако, поскольку эти признаки (по крайней мере часть из них) независимыми не являются и для распознавания вида простого предложения нет надобности во всех случаях проверять у него все признаки, число возможных стратегий будет значительно меньше²⁵⁴.

Очевидно, часть этих стратегий является нерациональной, часть рациональной, но не самой рациональной и, наконец, часть стратегий (а может быть и одна единственная) является самой рациональной. Надо найти стратегии, принадлежащие к третьей группе, чтобы принять их в качестве алгоритмов.

Мы говорили выше о том, что функция умственных операций в процессе распознавания состоит в том, что посредством умственных операций человек проверяет наличие у предмета или явления определенных признаков. Но в чем состоит функция признаков в процессе распознавания?

Ответ подскажет рассмотрение примера. Допустим, нам надо определить, каким является данное предложение x . До того как мы начали его анализировать, проверять наличие у него тех или иных признаков, мы имеем основания предполагать, что оно может принадлежать к любому из пяти возможных видов. Исходная неопределенность равна, при принятом выше допущении о равновероятности различных исходов, $\log 5$. Но вот мы начинаем проверять это предложение, допустим, на наличие признака a (имеется ли в предложении подлежащее). Если в предложении окажется подлежащее, то мы сразу же можем сделать вывод, что это предложение не является ни определенно-личным II типа, ни неопределенно-личным, ни безличным. Из пяти возможностей (гипотез) остаются всего две: либо это определенно-личное предложение I типа, либо назывное. Если же в предложении подлежащее отсутствует, то, значит, оно не является ни определенно-личным I типа, ни назывным, и из пяти гипотез остаются три (оно либо определенно-личное II типа, либо неопределенно-личное, либо безличное).

Таким образом, независимо от того, окажется ли проверяемый признак у предложения или не окажется, в любом случае происходит ограничение исходной неопределенности и сужение поля дальнейших поисков. В этом и состоит одна из важнейших функций признаков в процессе распознавания. Частично или полностью снимая исходную неопределенность, признаки дают человеку необходимую информацию о характере тех явлений, у которых эти признаки в процессе распознавания выявляются. Поскольку мы умеем, в свете сделанных нами допущений, измерять как исходную неопределенность, так и неопределенность, оставшуюся после проверки признака, мы можем точно оценить информацию, которую приносит проверка каждого признака, точно оценить его информативность. Нетрудно видеть, что информативность умственных операций, о которой мы говорили выше, прямо связана с информативностью признаков, которыми человек оперирует в процессе распознавания, и ею определяется. Таким образом, информативность умственной операции можно оценить через информативность соответствующего признака, а информативность признака — через ту неопределенность, которая снимается при его проверке.

Из сказанного становится ясным путь решения задачи на определение оптимальной стратегии распознавания, наиболее рационального алгоритма. Очевидно, из всех возможных последовательностей проверок признаков нужно выбрать такую, которая обеспечивает получение наибольшей информации на каждый признак и благодаря этому дает возможность решить задачу с помощью наименьшего

²⁵⁴ В статье [272] ошибочно было названо число 576.

количества операций.

Признаки в отношении своей информативности неодинаковы. Более того, один и тот же признак приносит различное количество информации в зависимости от того, какие признаки проверялись перед ним и, в частности, каков был признак, который проверялся непосредственно перед данным. Например, какой-либо признак может принести много информации, если проверяется *п о с л е* признака *у*, и мало информации, если проверяется *п е р е* ним.

Строгий метод решения поставленной задачи состоит поэтому в том, чтобы вычислить количество информации для различных признаков, учитывая все возможные положения, которые они могут занимать среди других признаков, и выбрать ту последовательность проверки признаков, которая дает возможность снять исходную неопределенность в среднем за меньшее количество операций. Однако в ряде случаев, когда признаки направлены прямо на устранение исходной неопределенности, путь решения может быть значительно упрощен. Совершенно очевидно, что если на каждом этапе построения алгоритма выбирать те признаки, проверка которых приносит наибольшее количество информации, то алгоритм, составленный из полученной таким образом последовательности проверок признаков, будет самым рациональным.

Определять количество информации, которое приносят различные признаки, проверяемые на одном и том же «месте», можно путем следующего расчета. Пусть нас интересует вопрос, с проверки какого из признаков целесообразно начать анализ предложения, чтобы определить его вид. Для этого надо подсчитать количество информации, которое даст каждый из них, если с него начать процесс распознавания. Произведем, для примера, расчет количества информации для признака *a*.

В предложении, которое мы проверяем на наличие признака *a*, этот признак может либо оказаться, либо не оказаться. Если признак *a* окажется налицо, то остаются возможными всего два исхода и $H_a(\beta) = \log 2^{255}$. Количество информации, которое принесет установление того факта, что в предложении имеется признак *a*, равно $H(\beta) - H_a(\beta) = \log 5 - \log 2 = 1,32$ дв. ед. Если же признака *a* не окажется в предложении (т. е. в нем окажется признак \bar{a}), то останутся возможными три исхода и $H_{\bar{a}}(\beta) = \log 3$. Количество информации, которое принесет установление того факта, что в предложении имеется признак \bar{a} , равно $H(\beta) - H_{\bar{a}}(\beta) = \log 5 - \log 3 = 0,74$ дв. ед.

Как мы видим, в одних случаях проверка признака *a* (когда он в предложении имеется) приносит 1,32 дв. ед. информации, в других (когда он отсутствует) — 0,74 дв. ед. Какова же *с р е д н я я* информация, которую приносит проверка признака *a*, если с него начать анализ предложения? Ее можно вычислить по формуле среднего значения случайной величины.

Вероятность получить 1,32 дв. ед. информации равна $\frac{2}{5}$ (так как подлежащее имеется в двух видах предложений из пяти); вероятность получить 0,74 дв. ед. информации равна $\frac{3}{5}$ (так как подлежащего нет в трех видах предложений из пяти). Следовательно, средняя информация, которую приносит проверка признака *a* независимо от того, имеется *a* в предложении или отсутствует, равна $\frac{2}{5} \cdot 1,32 + \frac{3}{5} \cdot 0,74 = 0,97$ дв. ед.

Аналогичный подсчет для остальных признаков показывает, что признак *b*, если с него начать анализ, приносит 0,72 дв. ед. информации, а признаки *c* и *d* — по 0,52 дв. ед. Эти числа показывают, что первой операцией в алгоритме распознавания видов предложений должна быть операция по проверке признака *a*, так как этот признак по сравнению с другими снимает наибольшую неопределенность и приносит наибольшую информацию²⁵⁵.

В общем виде средняя информация, которую приносит проверка признака *a* в ситуации, имеющей β исходов, может быть выражена формулой:

$$I(a, \beta) = p(a) \cdot (H(\beta) - H_a(\beta)) + p(\bar{a}) \cdot (H(\beta) - H_{\bar{a}}(\beta)) = p(a) \cdot I(a, \beta) + p(\bar{a}) \cdot I(\bar{a}, \beta)$$

Итак, мы определили, какой из признаков, проверяемый первым, дает наибольшее количество информации и с какого признака, следовательно, надо начинать анализ предложения, чтобы распознать его вид наиболее рациональным образом. Теперь надо определить, какой признак (из оставшихся трех)

²⁵⁵ Символом $H(\beta)$ мы будем по-прежнему обозначать неопределенность исходной ситуации (в данном случае неопределенность, связанную с тем, что распознаваемое предложение может принадлежать к одному из пяти видов; эта неопределенность, по нашему допущению, равна $\log 5$). Символ $H_a(\beta)$ означает неопределенность, которая остается после проверки у предложения признака *a* и установления того факта, что признак *a* у предложения имеется.

²⁵⁶ Установив, что наиболее целесообразно начинать анализ предложения с проверки признака *a*, так как он приносит наибольшую информацию, мы можем сделать вывод, что рациональный алгоритм или алгоритмы находятся среди тех алгоритмов, которые «начинаются» с проверки признака *a*, а остальные алгоритмы являются нерациональными и их надо исключить из дальнейшего рассмотрения.

целесообразнее проверять вторым.

Действуя точно так же, как мы действовали до сих пор, можно подсчитать количество информации, которое приносит проверка каждого из последующих признаков при условии a и при условии a . Сравнив информативность признаков b , c и d при условиях a и a (ее можно назвать у с л о в н о й и н ф о р м а т и в н о с т ь ю), мы определим, какой из признаков целесообразнее проверять вторым²⁵⁷. Аналогично определяется, какой из признаков целесообразнее проверять третьим (и, следовательно, какой признак будет проверяться четвертым и последним). В итоге всех расчетов мы найдем ту последовательность проверок признаков, которая будет оптимальной.

Как мы видим, построение рационального алгоритма представляет собой некоторый многошаговый процесс. Сначала определяется, какой признак надо проверять на первом месте; затем, решив эту задачу, надо решить другую задачу: определить, какой признак надо проверять на втором месте (отдельно для случая наличия и отдельно для случая отсутствия предыдущего признака) и т. д. Общая задача построения рационального алгоритма решается, таким образом, шаг за шагом.

Сказанное относительно критерия выбора признаков на каждом шаге (выбирать надо наиболее информативный признак) относится к случаю, когда время проверки различных признаков одинаково. Если же это время неодинаково, то надо учитывать не только информативность признаков, но и время их проверки. В этом случае важна не сама по себе информативность признака, а количество информации, которое можно получить при проверке данного признака за единицу времени. Это, так сказать, у д е л ь н а я и н ф о р м а т и в н о с т ь признака. Если обозначить информативность некоторого признака k символом $Inf(k)$, то удельная информативность признака будет равна $\frac{Inf(k)}{t(k)}$, где $t(k)$ — время проверки признака k .

Для случая, когда время проверки различных признаков неодинаково, правило, по которому надо определять, какой признак следует проверять на данном шаге, можно сформулировать так: надо проверять тот признак, у которого удельная информативность больше. Так, например, если на данном шаге можно проверять один из трех признаков k_1 , k_2 , k_3 и $\frac{Inf(k_1)}{t(k_1)} \geq \frac{Inf(k_2)}{t(k_2)} \geq \frac{Inf(k_3)}{t(k_3)}$ ²⁵⁸, то надо начинать с проверки признака k_1 .

В общем виде для n признаков правило выбора признака на каждом шаге можно сформулировать так:

$$\left(\frac{Inf(k_1)}{t(k_1)} \geq \frac{Inf(k_2)}{t(k_2)} \geq \dots \geq \frac{Inf(k_n)}{t(k_n)} \right) \rightarrow T(k_1)$$

Описанный метод построения рационального алгоритма (или алгоритмов) является достаточно общим и надежным²⁵⁹. Он, однако, очень громоздкий, требует большого количества расчетов.

Возникает вопрос: нельзя ли найти другой, более простой и удобный метод решения задачи на построение рациональных алгоритмов? Чтобы найти такой метод, можно использовать средства не только теории информации, но и математической логики. Надо только определенным образом связать их между собой, построить на их основе единый метод. Отправным пунктом при этом для нас явилось доказанное в теории информации утверждение о том, что наиболее экономный способ снятия неопределенности состоит в разбиении множества возможных исходов на равные по вероятностям части и выяснении того, к какой из частей принадлежит искомое явление²⁶⁰. Чем более близки между собой вероятности тех частей, на которые разбивается множество возможных исходов, тем снимается большая

²⁵⁷ Заметим, что в данном конкретном случае вопрос решается проще ввиду связи признаков c и d с признаком b (нельзя проверить признаки c или d , не проверив признака b , т. е. не найдя сказуемого). Ввиду этого в данном конкретном случае подсчитывать информацию, которую могла бы принести проверка признаков c и d перед проверкой признака b , не имеет смысла.

²⁵⁸ См. примечание 225.

²⁵⁹ При ознакомлении с рукописью книги и статьями [272], [275], в которых был описан этот метод, Б. В. Гнеденко обратил наше внимание на то, что аналогичный метод (правда, для решения другой задачи — поиска неисправностей в технических устройствах и выяснения наименьшей стоимости поиска при той или иной последовательности проверок возможных неисправностей) был предложен американскими авторами Д. Брюле, Р. Джонсоном и Е. Клетским и описан, в частности, Е. Клетским в статье [190]. В период разработки нами этого метода статья Е. Клетского еще опубликована не была, так что для разных целей метод почти в одно и то же время разрабатывался в разных странах разными авторами независимо друг от друга (при этом соответствующая публикация американских ученых в специальном техническом журнале была несколько раньше нашей).

²⁶⁰ Например, кто-то задумал одно из восьми чисел от 1 до 8 и надо посредством вопросов отгадать, какое число задумано (отвечающий может на вопросы отвечать только «да» или «нет»). Чтобы отгадать задуманное число за наименьшее число вопросов, надо каждый раз разбивать множество чисел на равные или — когда это невозможно — наиболее близкие по вероятностям части и выяснять, к какой из частей принадлежит задуманное число. Если

неопределенность и тем больше получаемая информация²⁶¹.

Если рассмотреть с указанной точки зрения роль признаков в процессе распознавания и поставить вопрос о том, почему проверка различных признаков приносит различную информацию, то это происходит потому, что различные признаки и их отрицания по-разному разбивают множество возможных исходов. Соотношения вероятностей частей, которые получаются в результате такого разбиения, в разных случаях неодинаковы. Это легко показать на примере.

a		\bar{a}		
A	B	C	D	E
2		3		
$\frac{2}{5}$		$\frac{3}{5}$		

b				\bar{b}
A	C	D	E	B
4				1
$\frac{4}{5}$				$\frac{1}{5}$

Из сопоставления этих таблиц видно, что, например, признак a и его отрицание (этот признак имеется у двух видов предложений и отсутствует у трех) разбивает множество возможных исходов (видов предложений) на части, вероятности которых равны, соответственно, $\frac{2}{5}$ и $\frac{3}{5}$; признак же b и его отрицание (этот признак имеется у четырех видов предложений и отсутствует у одного) разбивает множество возможных исходов на части, вероятности которых равны $\frac{4}{5}$ и $\frac{1}{5}$. Признак a и его отрицание разбивают множество возможных исходов на части, вероятности которых ближе, чем вероятности частей, на которые разбивает множество исходов признак b и его отрицание. Именно поэтому проверка признака a (первым) приносит больше информации, чем проверка признака b .

Сказанное наталкивает на простой и удобный способ найти самый рациональный алгоритм, не производя расчетов количества информации, которую приносит проверка каждого признака на тех или иных «местах». Чтобы построить рациональный алгоритм, надо на каждом этапе построения выявлять вероятности всех признаков и их отрицаний, сравнивать эти вероятности между собой и отбирать те признаки, вероятности наличия и отсутствия которых наиболее близки друг другу²⁶². Но для этого надо найти такой способ описания логической структуры признаков, когда бы непосредственно по формуле можно было определить вероятности признаков и их отрицаний. Обычное символическое описание логической структуры признаков (простое предложение может характеризоваться одной из следующих комбинаций признаков: $ab \vee \bar{a}bc \vee \bar{a}bd \vee \bar{a}b\bar{c}\bar{d} \vee a\bar{b}$) не дает возможности решить поставленную задачу, так как по такому описанию нельзя выявить вероятности каждого признака и его отрицания: в дизъюнктивных членах, как легко видеть, представлены не все признаки.

Есть, однако, способ, который дает возможность ввести недостающие признаки в каждый дизъюнктивный член — это приведение формулы алгебры логики к совершенной дизъюнктивной нормальной форме. Приведение к совершенной дизъюнктивной нормальной форме осуществляется путем последовательного конъюнктивного присоединения к каждому члену дизъюнкции недостающих букв и их отрицаний с последующим раскрытием скобок (в нашем случае буквы и их отрицания обозначают наличие или отсутствие признаков). Получаемая при этом формула логически эквивалентна исходной²⁶³.

Раскроем последовательно все «шаги», которые необходимо произвести, чтобы по логико-математическому описанию структуры признаков и вероятностям их сочетаний, т. е. по вероятностям различных исходов явления, построить наиболее рациональный алгоритм его распознавания. Будем иллюстрировать метод построения алгоритма на примере разбиравшейся выше задачи распознавания вида простого предложения.

1. После того как найдены и отобраны признаки, определяющие те или иные явления (в нашем

вероятности всех исходов (задуманных чисел) равны, то множество исходов каждый раз надо разбивать просто на равные по численности части. Легко видеть, что в этом случае всегда удастся отгадать задуманное число за три вопроса.

²⁶¹ Всюду имеется в виду с р е д н я я информация, которую человек получает при многократном решении задачи.

²⁶² Нетрудно заметить, что если при решении задач на альтернативный выбор оптимальная стратегия состояла в том, чтобы начинать проверку признаков либо с более вероятных (при дизъюнктивном поиске), либо с менее вероятных (при конъюнктивном поиске), то при решении задач на множественный выбор надо начинать проверку с тех признаков, которые разбивают множество исходов на равные или возможно более близкие по вероятностям части (при условии, которое мы приняли для упрощения расчетов, что время проверки признаков одинаково).

²⁶³ Подробнее о понятии совершенной дизъюнктивной нормальной формы и процедуре приведения к этой форме можно прочесть в книгах по математической логике (см., например: [83], [104], [139]; см. также: [62], [105], [159]).

случае — виды простых предложений), следует выявление логической структуры признаков. Эта структура записывается на языке логики в виде формулы. Запись логической структуры признаков видов простых предложений приведена выше на этой странице.

2. На основе статистических подсчетов или тех или иных допущений устанавливаются вероятности каждого из исходов (в нашем случае — каждого из видов простых предложений). Мы допустили, что эти вероятности равны $\frac{1}{5}^{264}$. Поскольку каждый дизъюнктивный член описывает признаки одного из видов предложений, то вероятности каждого из видов предложений можно приписать соответствующему дизъюнктивному члену:

$$\underbrace{ab}_{\frac{1}{5}} \vee \underbrace{\bar{a}bc}_{\frac{1}{5}} \vee \underbrace{\bar{a}bd}_{\frac{1}{5}} \vee \underbrace{\bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}}_{\frac{1}{5}} \vee \underbrace{a\bar{b}}_{\frac{1}{5}}^{265}.$$

(Здесь под каждым дизъюнктивным членом подписана принятая вероятность данного дизъюнктивного члена.)

3. Для того чтобы определить, с какого признака целесообразнее всего начать процесс распознавания, надо определить, какой из них наиболее информативен, т. е. разбивает вместе со своим отрицанием множество возможных исходов на наиболее близкие по своим вероятностям части. Но для этого надо знать вероятности каждого признака и его отрицания. Из нашей формулы это, однако, узнать невозможно, так как в отдельных дизъюнктивных членах представлены не все признаки (некоторые признаки содержатся в них в «скрытом» виде).

Чтобы выявить скрытые признаки и представить в каждом дизъюнктивном члене все признаки или их отрицания, приведем исходную формулу к совершенной дизъюнктивной нормальной форме. Для этого «умножим» каждый дизъюнктивный член на недостающие буквы:

$$ab(c\bar{v}\bar{c})(d\bar{v}\bar{d}) \vee \bar{a}bc(d\bar{v}\bar{d}) \vee \bar{a}bd(c\bar{v}\bar{c}) \vee \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d} \vee a\bar{b}(c\bar{v}\bar{c})(d\bar{v}\bar{d}) \leftrightarrow abcd \vee abcd \vee ab\bar{c}\bar{d} \vee ab\bar{c}\bar{d} \vee \bar{a}bcd \vee \bar{a}bcd \vee \bar{a}bdc \vee \bar{a}bdc \vee \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d} \vee \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d} \vee \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d} \vee \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d} \vee \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d} \vee \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}^{266}.$$

4. Так как признаки часто не являются независимыми, то не всегда каждый признак может в предмете сочетаться с любым другим. Так, в нашем случае в предложении не могут сочетаться признаки c и d (сказуемое не может быть одновременно выражено глаголом 1-го или 2-го лица и глаголом 3-го лица множественного числа), а также признаки \bar{b} и c и признаки \bar{b} и d (не может быть так, чтобы в предложении не было сказуемого и отсутствующее сказуемое было выражено глаголом 1-го или 2-го либо глаголом 3-го лица). В полных предложениях рассматриваемых видов не может быть также ситуации, когда бы не было ни одного главного члена (т. е. были налицо признаки $\bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}$).

Следовательно, после приведения исходной формулы к совершенной дизъюнктивной нормальной форме надо проверить, оказались ли среди дизъюнктивных членов члены, соответствующие сочетаниям признаков, которые в рассматриваемом предмете не могут присутствовать вместе. Если в формуле имеются такие дизъюнктивные члены, то их надо из нее исключить (вычеркнуть). В нашей формуле такими дизъюнктивными членами являются члены 1-й, 5-й, 7-й, 10-й, 11-й и 12-й. После их вычеркивания формула приобретает вид:

$$\underbrace{abcd}_{\text{определенно-личное I типа}} \vee \underbrace{ab\bar{c}\bar{d}}_{\text{определенно-личное II типа}} \vee \underbrace{\bar{a}bcd}_{\text{неопределенно-личное}} \vee \underbrace{\bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}}_{\text{безличное}} \vee \underbrace{\bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}}_{\text{безличное}}$$

²⁶⁴ Поскольку каждое предложение может принадлежать к одному, и только одному, классу, сумма вероятностей принадлежности к каждому из пяти классов равна 1. Это надо учитывать при чтении дальнейшего текста этой главы.

²⁶⁵ Из сказанного выше ясно, что все дизъюнктивные члены, входящие в эту формулу, являются попарно несовместимыми.

²⁶⁶ Для понимания этой формулы необходимо иметь в виду следующее. Пропуск знака в формуле означает операцию конъюнкции; последняя считается связывающей члены более тесно, чем операция дизъюнкции. Приведенная запись аналогична формулам обычной алгебры, в которой умножение связывает члены формулы более тесно, чем сложение. В этом смысле операция конъюнкции (в принятой здесь записи) аналогична умножению в алгебре. Подобно тому как в обычной алгебре $a(b+c)=ab+ac$, в алгебре логики $a(c\bar{v}\bar{c})\leftrightarrow ac\bar{v}a\bar{c}$. При этом надо помнить, что в первом случае буквы — это переменные для чисел (они как бы замещают собой числа), во втором — переменные для высказываний. Знак \leftrightarrow также имеет несколько другой смысл, чем знак равенства. В отличие от знака $=$, знак \leftrightarrow обозначает логическую эквивалентность.

5. Так как после приведения исходной формулы к совершенной дизъюнктивной нормальной форме в формуле оказались новые члены (выражающие определенные разновидности видов предложений), то надо произвести соответствующее перераспределение вероятностей.

Мы видим, что определенно-личное предложение I типа, которое имело вероятность $\frac{1}{5}$, «расчленилось» на три разновидности.

Допустим, что вероятности этих разновидностей одинаковы. Тогда каждый из дизъюнктивных членов, отражающих разновидности определенно-личного предложения I типа, приобретет вероятность $\frac{1}{15}$. Остальные дизъюнктивные члены сохраняют ту же вероятность. Новое распределение вероятностей таково:

$$\frac{abc\bar{d}}{15} \vee \frac{ab\bar{c}d}{15} \vee \frac{a\bar{b}cd}{15} \vee \frac{\bar{a}bcd}{5} \vee \frac{\bar{a}\bar{b}cd}{5} \vee \frac{\bar{a}b\bar{c}d}{5} \vee \frac{\bar{a}\bar{b}\bar{c}d}{5}$$

6. Теперь можно приступить к вычислению вероятностей каждого отдельного признака и его отрицания.

Если вероятность, например, первого дизъюнктивного члена равна $1/15$, то это значит, что в $1/15$ случаев мы встретим каждый из признаков, имеющий место в предложениях данной разновидности. Следовательно, вероятность каждого из признаков при условии встречи с предложением данной разновидности, равна вероятности данного дизъюнктивного члена. Но эти же признаки (или их отрицания) мы встретим и тогда, когда перед нами будут предложения других видов. Для того чтобы подсчитать вероятность признака и вероятность его отрицания независимо от того, в какой вид предложения он входит (так сказать «общую», суммарную вероятность), надо, очевидно, просто сложить отдельно вероятности всех вхождений каждого признака и отдельно вероятности вхождений его отрицания. Численно вероятность каждого вхождения равна вероятности того дизъюнктивного члена, в который данный признак входит.

Так, признак a входит в 1-й, 2-й, 3-й и 7-й дизъюнктивные члены последней формулы. Их вероятности $1/15$, $1/15$, $1/15$ и $1/5$. Следовательно, «общая», суммарная вероятность признака a (т. е. вероятность того, что, встретив какое-либо простое предложение, мы обнаружим в нем подлежащее) равна сумме этих вероятностей: $p(a) = 1/15 + 1/15 + 1/15 + 1/5 = 2/5$.

Признак \bar{a} входит в 4-й, 5-й и 6-й дизъюнктивные члены. Их вероятности соответственно равны $1/5$, $1/5$ и $1/5$. Следовательно, $p(\bar{a}) = 1/5 + 1/5 + 1/5 = 3/5$ ²⁶⁷.

Аналогичным образом подсчитываются вероятности всех других признаков и их отрицаний. Сводная таблица вероятностей имеет вид:

$$\begin{array}{llll} p(a) = \frac{2}{5}, & p(\bar{a}) = \frac{3}{5}, & p(c) = \frac{4}{15}, & p(\bar{c}) = \frac{11}{15}, \\ p(b) = \frac{4}{5}, & p(\bar{b}) = \frac{1}{5}, & p(d) = \frac{4}{15}, & p(\bar{d}) = \frac{11}{15}. \end{array}$$

7. После того как вычислены вероятности всех признаков и их отрицаний, надо посмотреть, у какого из признаков значения вероятностей наличия признака и его отсутствия наиболее близки друг другу²⁶⁸. Таким признаком в нашей таблице является признак a ²⁶⁹. Следовательно, этот признак делит множество возможных исходов на наиболее близкие по своим вероятностям части и несет в среднем наибольшую информацию. С него и надо начинать процесс распознавания (при условии, что время проверки признаков одинаково)²⁷⁰.

Продельвая указанный цикл операций, мы можем аналогичным образом определить, какой признак надо проверять вторым, третьим и т. д. Все различие будет заключаться в том, что теперь надо будет исходить не из безусловных вероятностей признаков и их отрицаний, а из условных. Но значение условных вероятностей при знании безусловных вероятностей определить легко.

²⁶⁷ $p(\bar{a})$ можно подсчитать еще проще. Она равна $1 - p(a)$, т. е. $1 - \frac{2}{5} = \frac{3}{5}$.

²⁶⁸ Определить это можно следующим образом. Те значения вероятностей наиболее близки, у которых абсолютная величина разности является наименьшей. Следовательно, для того чтобы узнать, для какого из признаков вероятности его наличия и его отсутствия наиболее близки, надо из одной вероятности вычесть другую. Абсолютная величина разности и будет показателем того, насколько близки между собой значения рассматриваемых вероятностей.

²⁶⁹ Когда признаки между собой определенным образом связаны (как в данном случае), следует учитывать сказанное в сноске 257. Однако это не касается признака a .

²⁷⁰ Если время, требуемое для проверки различных признаков, неодинаково, то определяется удельная информативность каждого признака и выбирается признак, имеющий наибольшую удельную информативность.

Расчет показывает (мы его здесь приводить не будем, так как принцип расчета ясен из изложенного), что наиболее рациональными из возможных алгоритмов являются два алгоритма, последовательность операций которых соответствует порядку признаков, приведенных на таблицах.

a		\bar{a}		
b	\bar{b}	c	\bar{c}	
			d	\bar{d}
Определенно-личное (I)	Назывное	Определенно-личное (II)	Неопределенно-личное	Безличное

a		\bar{a}		
b	\bar{b}	d	\bar{d}	
			c	\bar{c}
Определенно-личное (I)	Назывное	Определенно-личное (II)	Неопределенно-личное	Безличное

Эти два алгоритма эквивалентны между собой в отношении рациональности²⁷¹. Их можно выразить не только так, как они представлены на таблицах, но и в виде строгого словесного предписания²⁷²; можно использовать для описания этих алгоритмов также операторную форму записи. (Одному из этих алгоритмов мы обучали учащихся в ходе педагогического эксперимента, который будет описан во второй части книги.)

Эти алгоритмы являются самыми рациональными при условии допущений, о которых уже говорилось выше. Если производить расчеты на основе точных статистических данных о частотности различных видов простых предложений и степени сложности различных признаков (или операций по их проверке), то рациональная последовательность проверок признаков может оказаться несколько иной. Однако поскольку такие статистические данные, которые были бы получены на большом статистическом материале, в настоящее время отсутствуют, предлагаемые алгоритмы можно было бы пока принять в качестве наиболее рациональных.

Из сказанного, между прочим, вытекает, что разработка точных методических рекомендаций возможна только при том условии, что в психологии и лингвистике (а также других конкретных науках, которым обучают учащихся) будут получены определенные статистические данные. Значение точного подхода к построению методов обучения состоит, в частности, в том, что перед психологией и изучаемыми учащимися науками ставятся такие задачи, которые ранее в них не выдвигались. Тем самым методика обучения должна оказывать определенное влияние на содержание и направление исследований в этих науках.

Выше было показано, как, исходя из идей теории информации и используя некоторые средства математической логики, можно построить рациональные алгоритмы решения определенных задач. Мы, однако, не дали еще точной математической оценки степени рациональности приведенных алгоритмов.

Чтобы дать такую оценку, необходимо определить среднее количество операций, требующихся для решения задачи согласно данным алгоритмам²⁷³. Сделать это нетрудно. Обратимся к предпоследней схеме. Из нее видно, что для того чтобы распознать определенно-личные предложения I и II типа и назывные предложения, необходимо проверять по два признака и производить, следовательно, по две операции. Для распознавания неопределенно-личных и безличных предложений необходимо проверять по три

²⁷¹ Заметим следующее. Из логической структуры признаков видов простых предложений (полных) вытекает, что если в некотором предложении, вид которого надо распознать, есть подлежащее, то следует проверить, есть ли в нем сказуемое (наличие или отсутствие сказуемого является в этом случае дифференцирующим, информативным признаком). Если же в предложении подлежащего нет, то сказуемое в нем есть всегда и поэтому проверять на этот признак сам по себе нет смысла (он не является дифференцирующим, информативным). Надо проверять предложение только на признак: чем выражено сказуемое. И хотя проверить, чем выражено сказуемое, нельзя, не найдя самого сказуемого, эти две операции в предписании можно объединить в одну, дав решающему задачу такое указание: проверь, выражено ли сказуемое глаголом в такой-то и такой-то форме (например, выражено ли сказуемое глаголом 1-го или 2-го лица). Любой человек, выполняя это указание, либо сначала найдет сказуемое, а потом определит, чем оно выражено, либо будет решать эти две задачи одновременно. На приведенных схемах после признака a идут сразу признаки c или d (а не признак b), что связано с объединением указанных двух операций в одну.

²⁷² См. стр. 205.

²⁷³ Если различные операции требуют различного времени, то расчет можно вести, как мы это делали выше, в единицах времени (ед. вр.).

признака²⁷⁴ и производить по три операции. Чему же равно среднее количество операций, которые необходимо производить, чтобы распознавать любое предложение по этому алгоритму? Это количество зависит от того, как часто нам надо применять две операции, а как часто три. Но частота применения того или иного количества операций зависит от частоты «столкновения» с различными видами предложений. Последнее же определяется вероятностями каждого из видов предложений, которые нам заданы или известны.

Так, с определенно-личными предложениями I типа мы сталкиваемся (согласно нашему допущению) в одном случае из пяти (вероятность определенно-личных предложений I типа равна 1/5). Следовательно, в 1/5 случаев мы затрачиваем две операции. Такое же количество операций и с такой же частотой мы затрачиваем, когда сталкиваемся с назывными предложениями и определенно-личными предложениями II типа. В остальных двух случаях из пяти мы затрачиваем по три операции. Среднее количество операций, которое мы затрачиваем, действуя по данному алгоритму, равно, таким образом: $\frac{1}{5} \cdot 2 + \frac{1}{5} \cdot 2 + \frac{1}{5} \cdot 2 + \frac{1}{5} \cdot 3 + \frac{1}{5} \cdot 3 = \frac{3}{5} \cdot 2 + \frac{2}{5} \cdot 3 = \frac{12}{5} = 2\frac{2}{5} = 2,4$. Точно такое же количество операций мы затрачиваем, действуя по второму алгоритму.

Указанный результат можно получить еще более простым путем, если описать признаки, которые приходится проверять, действуя по тому или иному алгоритму, символикой математической логики. Так, признаки, которые нам приходится проверять, действуя по первому алгоритму, описываются следующим образом: $abvab\bar{v}acv\bar{a}c\bar{d}v\bar{a}c\bar{d}$.

Так как нам известна вероятность «встречи» с каждым из видов предложений, то нам известны и вероятности каждого признака и его отрицания. Сложив вероятности всех вхождений букв и букв с черточкой в формулу, мы сразу получим число, которое показывает среднее количество операций, которое надо затратить на распознавание вида предложения поданному алгоритму. Как легко видеть, в данной формуле имеется 12 вхождений букв. Вероятность каждой буквы 1/5. Среднее количество операций равно, таким образом $\frac{1}{5} \cdot 12 = 2\frac{2}{5} = 2,4$. Мы получили то же самое число, что и при предыдущем способе подсчета.

Метод построения рациональных алгоритмов, описанный выше, состоял в последовательном подборе наиболее информативных признаков и «выстраивании» их в определенной последовательности²⁷⁵. Как мы показали, эти алгоритмы дают решение рассматриваемой нами задачи в среднем за 2,4 операции. Построенные нами алгоритмы являются самыми рациональными, что прямо вытекает из способа их построения.

Возникает вопрос об общей формуле оценки рациональности той или иной стратегии (алгоритма) распознавания при условии множественного выбора.

Разбирая метод построения рациональных алгоритмов на примере алгоритма распознавания видов простых предложений, мы для простоты рассмотрения исходили из допущения, что все операции по проверке признаков простых предложений имеют одинаковую сложность и, следовательно, требуют для их выполнения одинакового среднего времени. Поэтому за меру оценки рациональности алгоритма можно было принять среднее количество операций. Однако, как об этом говорилось в начале этого раздела книги, разные операции по проверке признаков могут иметь различную степень сложности и поэтому требовать различного времени на их выполнение. Исходя из этого, общая формула оценки рациональности алгоритма при решении задач на множественный выбор должна выражать эту оценку не через среднее количество операций, а через среднее время распознавания по данному алгоритму.

Введем следующие обозначения. Пусть $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ — классы, к которым могут принадлежать предметы x , подлежащие распознаванию²⁷⁶; $p(x \in A_i)$ — вероятность того, что предмет x принадлежит к классу A_i ($i = 1, 2, \dots, n$); $t(A_i)$ — время, которое требуется на то, чтобы распознать принадлежность предмета к классу A_i . Поскольку принадлежность предмета к тому или иному классу является случайным событием (в одном случае предмет принадлежит к классу A_1 , в другом — к классу A_2 и т. д.), то

²⁷⁴ При условии, что операции по проверке наличия сказуемого и определению того, чем оно выражено, мы объединили в одну операцию.

²⁷⁵ После того как этот метод был описан нами в статье [272], ряд авторов (например, А. А. Ченцов [344], I. Gentilhomme [421], L. Pohl [484]) применили его к решению других задач. В частности, А. А. Ченцов применил его к решению задачи по расчету рациональной последовательности операций при проведении некоторых лабораторных работ по физике и электротехнике. Как показывают опубликованные этими авторами данные, этот метод вполне оправдал себя и позволил теоретически рассчитать наиболее рациональную последовательность операций при решении задач из различных предметных областей.

²⁷⁶ Принадлежность предмета к тому или иному классу мы выше называли также «исходами» и рассматривали возможные исходы как «гипотезы».

время, которое надо в различных случаях затратить на распознавание предмета, есть случайная величина, принимающая значения $t(A_1)$, $t(A_2)$, ..., $t(A_n)$.

Если время $t(A_1)$ затрачивается с вероятностью $p(x \in A_1)$, время $t(A_2)$ — с вероятностью $p(x \in A_2)$, ..., время $t(A_n)$ — с вероятностью $p(x \in A_n)$, то среднее время, которое затрачивается на то, чтобы распознать предмет по данной стратегии (алгоритму), может быть вычислено по формуле среднего значения случайной величины:

$$\tau_{cp} = p(x \in A_1) \cdot t(A_1) + p(x \in A_2) \cdot t(A_2) + \dots + p(x \in A_n) \cdot t(A_n) = \sum_{i=1}^n p(x \in A_i) \cdot t(A_i)$$

Если $p(x \in A_i)$ и $t(A_i)$ обозначить, соответственно, как p_i и t_i , то формулу можно записать так: $\tau_{cp} = p_1 t_1 + p_2 t_2 + \dots + p_n t_n = \sum_{i=1}^n p_i t_i$. Эта формула выражает математическое ожидание времени, требуемого на распознавание предмета по соответствующему алгоритму.

Приведенная формула дает оценку рациональности алгоритма в зависимости от среднего времени, необходимого на распознавание принадлежности предмета к определенному классу, и вероятности такой принадлежности. В ряде случаев, однако, может оказаться полезным выразить указанную функцию иначе, приняв за аргументы вероятности отдельных признаков и среднее время их проверки. Чтобы это сделать, надо величины $p(x \in A_i)$ и $t(A_i)$ выразить через вероятности соответствующих признаков и среднее время их проверки. Имея соответствующий статистический материал, легко подставить одни величины вместо других.

Как известно, алгоритмы создаются для многократного решения задач одного и того же типа и применяются человеком много раз. В связи с этим наличие такого объективного критерия рациональности алгоритма, как среднее количество операций или среднее время распознавания по данному алгоритму, имеет немалое практическое значение. Появляется возможность сравнивать по этому критерию различные алгоритмы, различные методы решения задач, а значит, и некоторые аспекты методик обучения. Ведь совершенно ясно, что, при прочих равных условиях, та методика лучше, которая опирается на более рациональные алгоритмы решения определенных задач и учит учащихся более экономным и совершенным способом умственной работы.

В настоящей главе рассмотрены методы определения оптимальных стратегий проверки признаков при условии, что эти признаки заданы. Эти методы не указывают — и не могут указать — способов отбора самих признаков²⁷⁷. Однако формулы оценки среднего времени поиска при распознавании (или — что то же — степени сложности, или рациональности, соответствующих алгоритмов) позволяют сравнивать между собой алгоритмы, построенные на основе **р а з л и ч н ы х** признаков, и получать точную сравнительную оценку их рациональности. Тем самым создаются предпосылки для преодоления эмпирических и интуитивных оценок рациональности тех или иных методов решения задач, что неизбежно, пока не разработаны точные математические критерии.

Может возникнуть вопрос: имеет ли смысл для решения такой сравнительно несложной задачи, как, например, построение алгоритма распознавания видов простых предложений, применять аппарат математической логики и теории информации? Ответ на этот вопрос состоит в следующем. Задача на распознавание видов простых предложений была использована здесь лишь в качестве примера для иллюстрации общего метода. Очевидно, что эта задача отнюдь не единственная. При обучении требуется решать сотни и тысячи подобных задач. Разработка общего метода их решения имеет поэтому существенное значение.

Описанный метод построения рациональных алгоритмов, а также способ оценки их рациональности исходят из анализа объективной логической структуры учебного материала и информативных свойств его отдельных элементов. Такой анализ важен потому, что мыслительная деятельность учащихся в процессе обучения направлена на усвоение и переработку этого материала. Не зная его логической структуры и не умея ее анализировать, нельзя глубоко разобраться в психологии усвоения знаний, нельзя также научно строить методику обучения. Важнейшим условием изучения и формирования мыслительной деятельности учащихся в процессе обучения должно быть выявление тех объективных требований, которые предъявляет к мышлению учебный материал, и тех методов оперирования им, которые вытекают из его логической структуры.

Мы видели, что эти методы — причем самые рациональные — можно точно рассчитывать. Они представляют собой те идеальные образцы (модели) процессов, которые должны быть затем спроектированы в сознании учащихся (при условии, что они удовлетворяют психолого-педагогическим требованиям).

²⁷⁷ Проблема отбора признаков по качественным психолого-дидактическим критериям и некоторые методы решения встающих в связи с этим задач были рассмотрены выше, в разделе III.

Такие модели процессов имеют значение не только для рационального построения обучения, но и для анализа реальных механизмов мыслительной деятельности учащихся в ходе учения. Знание того, как должен протекать процесс рассуждения в его совершенном виде, открывает возможность точной оценки сформированности соответствующего мыслительного процесса у каждого данного ученика; оказывается возможным определять — конечно, с той или иной степенью приближения, — в какой мере этот процесс соответствует необходимым требованиям, какие его компоненты нуждаются в специальной отработке и формировании.

Построение эффективной методики обучения требует анализа и учета различных факторов. Совершенно ясно, что из знания о том, чему учить учащихся, какова наилучшая структура знаний и операций, однозначно не вытекает, как этому учить. И хотя, как учить, прямо зависит от того, чему учить, методика обучения обуславливается не только содержанием обучения и структурой тех процессов, которые надо формировать.

В настоящей главе мы остановились только на тех сторонах методики обучения, которые определяются логической структурой учебного материала и его информативными свойствами.

Ряд психолого-педагогических проблем, возникающих в связи с поставленной проблемой, частично были уже рассмотрены выше, частично будут освещены в последующем изложении.

ХІІІ

О ВЕРОЯТНОСТНЫХ МЕХАНИЗМАХ МЫСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ВОСПРИЯТИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ЯВЛЕНИЙ

Мы рассмотрели некоторые математические методы расчета рациональных алгоритмов, способы определения оптимальной последовательности проверок признаков в процессе распознавания явлений.

Возникает вопрос: какое значение имеет выбор той или иной последовательности проверки признаков, если в результате овладения алгоритмом человек научается «видеть» нужные признаки непосредственно, сразу, не производя той цепи последовательных их проверок, которым его учили в ходе упражнений? И еще: надо ли вообще в ходе упражнений учить последовательной проверке признаков явлений, если человек потом, после того как на основе алгоритма будет сформирован навык анализа и распознавания явлений, такой развернутой и последовательной проверки признаков производить не будет?

Начнем с последнего вопроса.

Хотя человек со сформированным навыком анализа и распознавания выделяет нужные признаки явлений непосредственно, «видит» их сразу, важнейшим условием быстрого и безошибочного формирования такого навыка является именно тренировка в последовательной проверке явлений на признаки по определенной программе. Почему?

В процессе восприятия каждого предмета на наши органы чувств действует огромное множество раздражителей-признаков, но замечаются, выделяются нашим сознанием только некоторые. При этом нередко бывает так, что выделяются те раздражители-признаки, которые по своей физической природе являются более слабыми, и не выделяются те, которые являются более сильными.

Объяснить выделение одних признаков и невыделение других можно только тем, что наш мозг неодинаково «настроен» на восприятие различных признаков, возбудимость различных его систем различна²⁷⁸. Благодаря этому восприимчивость (чувствительность) к одним признакам у него оказывается выше, чем к другим. Факты неодинаковой чувствительности к различным раздражителям уже давно описаны в физиологии и психологии.

Особенно важно при этом то, что высокая избирательная чувствительность формируется в процессе деятельности и связана с тем, что определенные свойства вещей приобретают для людей особую значимость.

Физиологический механизм «настройки» мозга на избирательное выделение определенных раздражителей изучался в работах И. П. Павлова и его сотрудников. Как известно, в процессе выработки условных рефлексов в мозгу образуется связь между индифферентными до определенного момента раздражителями (например, определенными звуками, светом и т. п.) и раздражителями, жизненно важными для организма (пищей и др.). Вступая в связь с жизненно важными раздражителями, индифферентные раздражители становятся их с и г н а л а м и и благодаря этому приобретают для организма определенную значимость²⁷⁹. В этом важнейший биологический смысл условных рефлексов.

Сигнальная функция условных раздражителей заключается в том, что они предупреждают организм о предстоящих воздействиях, определенным образом подготавливая его к ним («предупредительная деятельность», по Павлову). Можно полагать, что к числу физиологических механизмов этой подготовки относится избирательное предваряющее возбуждение определенных пунктов коры и подкорки, лежащее в основе, по выражению П. К. Анохина [525], опережающего отражения действительности.

Среди условных раздражителей, действующих на организм, П. К. Анохин выделяет собственно условный раздражитель, выполняющий роль пускового сигнала, и систему раздражителей, идущих от обстановки («обстановочные раздражители»). Значение обстановочных раздражителей состоит в том, что они подготавливают мозг к восприятию условного раздражителя. Благодаря им «в соответствующих областях коры и подкорки происходит опережающее повышение возбудимости» [42].

Это, очевидно, и объясняет повышенную избирательную чувствительность мозга к определенным раздражителям. Повышение возбудимости определенных очагов²⁸⁰ создает г о т о в н о с т ь к

²⁷⁸ О возбудимости здесь говорится в том широком смысле, в каком это понятие употреблялось И. П. Павловым и его учениками (см., например, [743]).

²⁷⁹ В психологическом плане проблемой значимости в последние годы занимается Н. Ф. Добрынин и его сотрудники [608], [609], [734].

²⁸⁰ Говоря «очаг» (или «пункт», «центр»), мы имеем в виду систему афферентных клеток, интегрированную в единое целое (см. [524]).

более быстрому и легкому выделению одних раздражителей или их свойств (например, признаков какого-либо предмета) по сравнению с другими, возможность их «непосредственного усмотрения». Очевидно, одна из важных задач методики и дидактики состоит в таком построении обучения, при котором учащиеся из всех возможных признаков предметов выделяли бы прежде всего те, которые являются значимыми для решения задач определенного класса. В разных случаях это будут, несомненно, различные признаки. Результатом обучения должно быть создание в мозгу специфических для различных типов задач «мозаик возбуждения» (И. П. Павлов), образование очагов и систем, в которых в соответствующих ситуациях будет возникать необходимое «опережающее повышение возбудимости».

В психологии и физиологии доказано, что важнейшим условием повышения активности мозга является деятельность. Работами Б. Г. Ананьева [522-523], А. Н. Леонтьева [693], [697-699], С. Л. Рубинштейна [772-773], А. А. Смирнова [798-799] и других психологов установлено, что из всех свойств предмета лучше всего осознаются и запоминаются те, на которые направлены действия человека. Благодаря активности действий, в том числе умственных, создается возможность произвольно вычленять нужные свойства предметов, фиксировать их в лучшем для восприятия положении, по-разному оперировать с ними, включая их в различные системы связей. Активные действия с предметами и их свойствами требуют наличия повышенных возбуждений в определенных очагах (системах) в мозгу; в процессе действий эти повышенные возбуждения успешнее всего и создаются. Возникает та «мозаика возбуждений», которая легко актуализируется в ответ на действия определенных раздражителей.

Из сказанного вытекает, что лучшим способом создания в мозгу нужной мозаики повышенных возбуждений является оперирование определенными явлениями и их признаками, активное действие с ними. В частном случае это могут быть действия по проверке у предметов определенных признаков. Сознательно и целенаправленно проверяя у предмета определенные признаки (в целях его распознавания), мы создаем в мозгу ту систему повышенных возбуждений, которая затем обеспечит непосредственное выделение этих признаков в процессе восприятия и мышления. Механизм этого можно представить себе следующим образом.

Проверка у предмета в процессе распознавания некоторых признаков приводит к образованию в мозгу определенной системы повышенных возбуждений, создающих готовность к более легкому выделению в будущем каждого из этих признаков. Как только очаги повышенных возбуждений «сформировались» и между ними замкнулись соответствующие связи, создаются условия для того, чтобы образ предмета при наличии определенной задачи условнорефлекторно вызывал повышенное возбуждение этих очагов. Последнее повышает чувствительность к восприятию тех признаков, которые человек до этого проверял в определенной системе, и позволяет легко и быстро, часто путем «непосредственного усмотрения», выделять их у предмета. Такая способность является высшим этапом овладения алгоритмом, тем результатом, к которому надо стремиться²⁸¹.

Таким образом, хотя целью обучения в ряде случаев является выработка способности «непосредственно» выделять нужные признаки, путь к формированию этой способности лежит через упражнения в активном оперировании признаками, в сознательной и последовательной проверке их у предмета путем действий по развернутым алгоритмам.

Мы попытались ответить на вопрос, почему для формирования способности непосредственно выделять у предмета нужные признаки необходимо тренироваться в развернутой проверке признаков по алгоритмам, в активных и сознательных действиях с ними. Перейдем ко второму вопросу; попытаемся разобраться в том, какое значение имеют упражнения в определенной последовательности проверки признаков на основе учета их частотности (вероятностей).

Исследования И. П. Павлова и его сотрудников по проблеме системности в работе мозга и роли подкреплений в образовании условных рефлексов (см., например: [611], [635], [645], [653], [740-742], [744], [788]) показали, что в системах временных связей отражается, с одной стороны, последовательность действующих раздражителей, с другой — их частота, или повторяемость. Так, если система раздражителей действует на организм в последовательности *А, В, В, Г*, то возбуждение соответствующих очагов мозга происходит также в этой последовательности. При этом после образования динамического стереотипа возбуждение первого очага условнорефлекторно вызывает возбуждение второго очага, возбуждение второго очага — возбуждение третьего и т. д. Частота воздействия тех или иных раздражителей влияет на уровень предваряющей возбужденности соответствующих очагов.

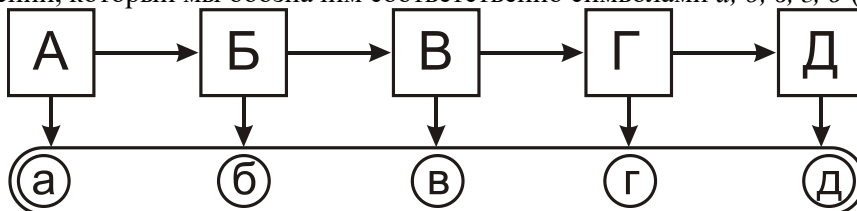
Для образования фиксированного стереотипа необходимо, чтобы раздражители действовали на

²⁸¹ Сотрудник лаборатории программированного обучения Института психологии АПН РСФСР Л. В. Шеншев удачно сравнил алгоритмы-предписания с лесами, которые возводятся при постройке дома. Чтобы построить дом, необходимо возвести леса. Но как только дом построен, леса становятся ненужными.

мозг в строгой, жесткой последовательности. Однако в жизни как животных, так и человека очень часты случаи, когда последовательность действия раздражителей носит не жесткий (строго детерминированный), а вероятностный характер. Это выражается в том, что после раздражителя *А* раздражитель *Б* следует не всегда, а только в каком-то проценте случаев, с определенной вероятностью; в других же случаях после раздражителя *А* следует раздражитель *В*, или же *Г*, или *Д* и т. д. (каждый из них также с определенной вероятностью).

В статье П. К. Анохина, посвященной проблеме опережающего отражения действительности и физиологическим механизмам такого отражения [525], приведены две схемы, которые автор поясняет следующим образом:

«Допустим, что во внешнем мире разворачивается последовательный ряд явлений *А, Б, В, Г, Д*. Эти явления действуют на организм на значительных временных промежутках в течение полусуток. Пусть каждое из этих явлений вызывает в протоплазме живого существа последовательный ряд химических превращений, который мы обозначим соответственно символами *а, б, в, г, д* (см. схему).

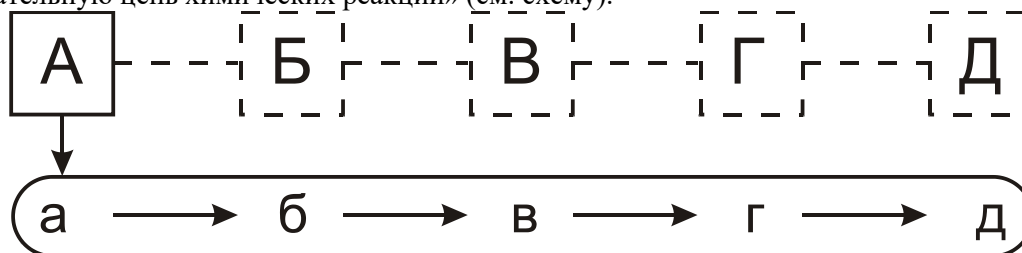


А, Б, В, Г, Д — последовательно развивающиеся внешние события на различных интервалах;

а, б, в, г, д — протоплазматические реакции, возникающие от индивидуальных энергетических особенностей каждого отдельного внешнего воздействия.

Допустим, что ряд внешних воздействий на организм (*А, Б, В, Г, Д*) систематически повторяется на протяжении многих лет, устанавливая более совершенные цепи химических реакций... В результате длительного и многократного воспроизведения в протоплазме живого существа этого определенного ряда химических реакций между отдельными звеньями устанавливается связь, делающая весь ряд превращений *а — б — в — г — д* непрерывной и быстро развивающейся цепью химических реакций...

В протоплазме живого организма устанавливается единая цепь химических реакций, ранее вызывавшаяся последовательным действием внешних факторов *А, Б, В, Г, Д*. И если эти факторы разделены значительными интервалами времени, то теперь уже действие только одного первого фактора *А* (разрядка мая.— Л. Л.) способно начать и привести в активное состояние всю последовательную цепь химических реакций» (см. схему).



Видно, что после многочисленных повторений последовательного ряда явлений *А, Б, В, Г, Д* в протоплазме образовалась непрерывная цепь химических превращений, возникающих только в ответ на первое событие (*А*) во внешнем мире. Процесс отражения в протоплазме опережает ход последовательных событий во внешнем мире. Реакция протоплазмы (*б*) уже произошла в то время как событие (*Д*) наступит еще только в будущем²⁸².

Далее П. К. Анохин показывает, что аналогичные процессы развиваются затем на уровне нервной системы и благодаря им опережающее отражение действительности, подготовка организма к будущим воздействиям становится более совершенной²⁸³. В самом деле, малые буквы вполне можно понимать не как обозначение вообще химических реакций в протоплазме, а как обозначение специфических очагов возбуждения в центральной нервной системе.

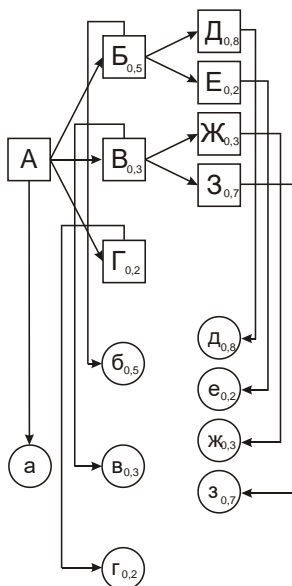
Приведенные схемы представляют собой упрощенные модели процессов, разворачивающихся в организме, в том числе в мозгу, в ответ на действие раздражителей, следующих друг за другом в жесткой последовательности.

²⁸² *А* может и вообще не наступить.

²⁸³ Сопоставление образа «ожидаемой» действительности с образом реальной действительности осуществляется специальным аппаратом, который П. К. Анохин называл «акцептором действия» [524], а Н. А. Бернштейн — «прибором сличения» [534].

Возникает вопрос: как можно представить себе модель процессов, развивающихся в мозгу в ответ на воздействие раздражителей, имеющих стохастическую природу и следующих друг за другом с определенной вероятностью? Попробуем построить такую модель.

Допустим, имеются восемь раздражителей $A, B, B, Г, Д, E, Ж, З$, которые многократно действуют на человека в такой последовательности:



Воздействие всегда начинается с раздражителя A .

После A в 5 случаях из 10 (с частотой 0,5) следует раздражитель B , с частотой 0,3 раздражитель B и с частотой 0,2 раздражитель $Г$, т. е. $p_A(B)=0,5$; $p_A(B)=0,3$; $p_A(Г)=0,2$.

После раздражителя B с частотой 0,8 следует раздражитель $Д$, а с частотой 0,2 раздражитель E , т. е. $P_{AB}(Д)=0,8$; $P_{AB}(E)=0,2$.

После раздражителя B с частотой 0,3 следует раздражитель $Ж$, а с частотой 0,7 раздражитель $З$, т. е. $p_{AB}(Ж)=0,3$; $p_{AB}(З)=0,7$.

После раздражителя $Г$ ничего не следует²⁸⁴.

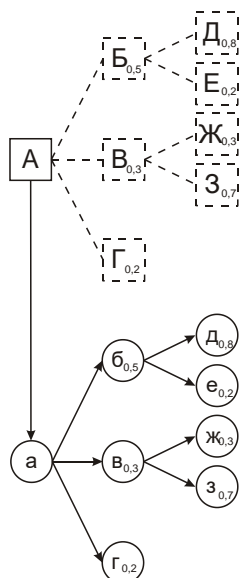
Данная последовательность раздражителей отражается в мозгу в виде определенной системы возбуждений, каждое из которых наступает с определенной частотой. Изобразим эту ситуацию в виде схемы, аналогичной схеме П. К. Анохина, указав возле каждой буквы вероятность наступления соответствующего события (раздражителя и соответствующего ему возбуждения) при условии наступления предыдущего события.

$A, B, B, Г, Д, E, Ж, З$ — внешние события, следующие друг за другом с определенной вероятностью; $a, б, в, г, д, е, ж, з$ — возбуждения в мозгу, возникающие в ответ на действие соответствующих раздражителей.

В результате длительного и многократного воздействия на мозг указанной системы раздражителей между всеми очагами возбуждений устанавливаются определенные связи. Это приводит к тому, что действие одного лишь раздражителя A приводит к воспроизведению (актуализации) этих связей, вызывая опережающее возбуждение очагов $б, в, г, д, е, ж, з$, создавая в них готовность к восприятию

²⁸⁴ Ситуация подобного типа имеет место, например, в процессе чтения, когда после одних букв другие буквы следуют с определенной вероятностью. То же самое можно сказать относительно следования друг за другом определенных слов. В настоящее время эти вероятности, специфические для каждого языка, являются предметом изучения. То обстоятельство, что одни элементы языка следуют за другими с определенной вероятностью, позволяет предугадывать (также с определенной вероятностью), какой элемент появится вслед за данным. Это играет, в частности, немаловажную роль в возникновении догадки о значении незнакомых слов при чтении иностранного текста.

соответствующих раздражителей. Из схемы видно, что после многочисленных повторений явлений *A*, *B*, ..., *З*, следующих с определенной вероятностью, в мозгу образовалась система очагов с повышенной возбудимостью. Возбуждение в этих очагах возникает теперь в ответ на действие только первого раздражителя *A*. Если считать, что уровни возбуждения в каждом из очагов соответствуют частоте воздействия соответствующих раздражителей, то числа около малых букв можно рассматривать как выраже-



ние различных уровней предваряющего возбуждения соответствующих очагов (в некоторых условных единицах).

Возникает вопрос: будет ли уровень возбудимости всех очагов одинаковым? Очевидно, нет, так как соответствующие раздражители действовали на них с неодинаковой частотой.

Если после раздражителя *B* раздражитель *Д* действует с вероятностью 0,8, а раздражитель *Е* — с вероятностью 0,2, то это значит, что после *B* на очаг *З* раздражение падало в среднем в 8 случаях из 10, а на очаг *е* — в 2 случаях из 10. Естественно, что уровень предваряющего возбуждения очага *д* будет выше уровня возбуждения очага *е*. Различие в частоте условных подкреплений — и связанное с ним различие в уровне возбуждения — создает в данных условиях большую готовность мозга к восприятию раздражителя *д* и меньшую — к восприятию раздражителя *е*, разную его чувствительность к восприятию этих раздражителей²⁸⁵.

Можно предполагать, что соотношение предваряющих возбуждений различных очагов (и следовательно, соотношение «ожиданий», «готовностей») отражает соотношение вероятностей тех событий (раздражителей), которые вызывают возбуждение в этих очагах. Говоря другими словами, соотношение предваряющих возбуждений отражает вероятностную картину мира и создает у организма неодинаковую готовность к восприятию различных раздражителей²⁸⁶. Поскольку всякая ситуация, в которой раздражители следуют друг за другом с определенной частотой, представляет собой ситуацию неопределенности, имеющую ту или иную энтропию, то можно было бы еще сказать, что соотношение предваряющих возбуждений отражает степень неопределенности ситуации, ее энтропию.

Это предположение можно было бы подтвердить самыми различными фактами. Приведем лишь один из них.

В последние годы большой размах приобрело изучение (в частности, с использованием теории информации при обработке экспериментальных данных) времени реакций человека на раздражители (см., например: [550], [671], [700-702], [867]).

Один из фактов, установленных в исследованиях по этой проблеме, виден из следующего эксперимента. Перед испытуемым находится пульт, на котором имеется некоторое количество лампочек и соответствующее количество ключей. Испытуемому дается инструкция, согласно которой в ответ на

²⁸⁵ Психологически различная вероятность следования различных раздражителей вслед за данным выражается в различной степени их ожидания. Так, если раздражитель *Д* следует за раздражителем *Б* чаще, чем раздражитель *Е*, то действие раздражителя *Б* вызывает большее ожидание раздражителя *Д*. Человек больше готов к восприятию *Д*, чем *Е*.

²⁸⁶ Вопрос о восприятии человеком вероятностной структуры предъявляемой последовательности сигналов и формировании специфических «ожиданий» определенных сигналов рассматривается в статье [701].

загорание определенной лампочки он должен нажать определенный ключ. Последовательность загорания лампочек заранее программируется. В ходе эксперимента регистрируется время реакций испытуемого и его ошибки.

Если различные лампочки загораются в среднем с одной и той же частотой (т.е. появление различных стимулов имеет одинаковую вероятность), то среднее время реакций на различные стимулы будет одинаковым. Оно пропорционально логарифму числа лампочек, на которые надо реагировать. Чем больше поле выбора, тем больше время реакции (при определенных ограничениях, о которых мы здесь говорить не будем). Если же различные лампочки загораются с неодинаковой частотой (т.е. появление одних стимулов более вероятно, чем появление других), то время реакции на более частые стимулы меньше времени реакции на менее частые (данные Нуман'a [864]). Говоря другими словами, время реакции на более вероятные раздражители меньше²⁸⁷. Как справедливо указывают А. М. Яглом и И. М. Яглом [181], причина такого различия во времени реакции лежит в том, что более редкие сигналы (на них испытуемые реагируют медленнее) являются для них более неожиданными. В связи с этим А. Н. Леонтьев и Е. П. Кринчик [700] замечают, что «при восприятии такого рода сигналов появляется специфическая ориентировочная деятельность, которая вызывается уже не «новизной» объекта, поскольку стимул появляется в опыте много раз, а особым свойством — его неожиданностью».

Исходя из сказанного выше, можно полагать, что время реакции на определенные раздражители прямо связано с готовностью к восприятию этих раздражителей, с ожиданием их, а сама готовность — с большей легкостью возникновения процесса предваряющего возбуждения в соответствующих очагах мозга. Поскольку же уровень предваряющего возбуждения очагов мозга зависит в значительной мере от количества воздействий на них, то распределение предваряющих возбуждений отражает распределение вероятностей воздействующих раздражителей. «Неожиданность» раздражителя — следствие слабой готовности к его восприятию; слабая же готовность — прямой результат малой вероятности раздражителя, «редкости» его воздействия²⁸⁸.

Отсюда вытекает, что одной из важных задач обучения является создание у человека правильной вероятностной картины мира, выработка такого распределения «готовностей» к восприятию различных раздражителей, которая отражает их объективную частоту²⁸⁹. Поскольку в основе каждой «готовности» лежит определенный уровень возбуждения некоторого очага, то речь идет о выработке правильного распределения предваряющих возбуждений различных очагов.

В настоящее время вопрос о том, каким образом в мозгу создается готовность к восприятию и реагированию на будущие воздействия, привлекает к себе большое внимание как психологов, так и физиологов. По существу именно этой проблеме посвящены работы грузинских психологов школы Д. Н. Узнадзе по теории установки (см., например, [851]). Но если в работах по теории установки проблема готовности до последнего времени рассматривалась без привлечения вероятностных соображений (хотя многие факты, полученные грузинскими психологами, хорошо поддаются вероятностной интерпретации), то в работах Н. А. Бернштейна [535-538], Н. И. Гращенкова, Л. П. Латаша, И. М. Фейгенберга [594], [828-829] и некоторых других прямо ставится вопрос о вероятностном предвидении, или вероятностном прогнозировании, в работе мозга.

Большой интерес в связи с рассматриваемой проблемой представляют попытки построения вероятностных моделей восприятия (см., например: [528], [801], [802]), а также некоторые подходы к вероятностному анализу мыслительных процессов (см., например: [818], [819], [821]). Начаты серьезные исследования, направленные на построение стохастических моделей обучаемости (подробная библиография о стохастических и вообще математических моделях обучения и обучаемости имеется в работах Л. Б. Ительсона [258], [259]).

Мы говорили выше о том, что для более быстрого образования нужных очагов повышенной возбудимости большое значение имеет активное оперирование предметами и их признаками. Чтобы

²⁸⁷ Мы не будем останавливаться на математическом описании выявленных закономерностей, отсылая читателя к указанным работам.

²⁸⁸ Как правильно отмечают А. Н. Леонтьев и Е. П. Кринчик [700], [701], скорость реакции зависит не только от частоты воздействия раздражителя, его так сказать «ожидаемости», но и от его значимости для субъекта (для организма). Значимость раздражителей не влияет на скорость реакций человека, если у всех раздражителей эта значимость одинакова. Однако она оказывает существенное влияние на время реакций, если различные раздражители имеют различную значимость. Влиянию значимости раздражителей на время реакции и анализу возникающих при этом закономерностей посвящены, в частности, проведенные в последнее время исследования [701], [702]. В ряде работ (см., например: [545], [820]) показана зависимость времени реакций и от некоторых других факторов.

²⁸⁹ В случае различной значимости раздражителей «готовность» должна отражать также и эту значимость.

уровни возбудимости различных очагов соответствовали объективной частотности признаков, необходимо более частое оперирование более вероятными признаками (и их положительное подкрепление) и менее частое — менее вероятными. Именно к этому ведет такая стратегия проверки признаков в ходе упражнений по решению задач на распознавание, которая определяется, исходя из вероятностей признаков.

Поясним сказанное на примере. Представим себе, что для отнесения какого-то предмета x к некоторому классу A надо установить наличие у него одного из признаков a, b, c , причем известно, что $p(a)=0,6$; $p(b)=0,2$ и $p(c)=0,1$. Чтобы распределение возбудимостей в мозгу и, таким образом, степень готовности к восприятию данных признаков соответствовала их объективной частотности, нужно, чтобы из 10 контактов с предметом x человек в среднем 6 раз встретил у него признак a , 2 раза признак b и 1 раз признак c .

Возможны два пути выработки у человека правильной оценки вероятностей признаков, правильного распределения «ожиданий», «готовностей» к их восприятию. Первый путь состоит в проверке признаков в ходе распознавания предметов в произвольной, случайной последовательности (иногда проверка начинается с признака a , иногда с признака b , иногда с признака c). Второй путь — это проверка признаков в строго заданной, оптимальной (с точки зрения развитых выше принципов) последовательности. Каким бы путем человек ни шел, он в конечном счете придет к более или менее правильной оценке вероятностей признаков. Ведь из каждых 10 контактов с предметами данного рода человек в среднем 6 раз обнаружит у него признак a , 2 раза — признак b , 1 раз — признак c . Естественно, что в конце концов признак a человек будет ожидать чаще, чем признаки b и c .

Однако если идти первым путем, то для выработки правильной оценки вероятностей признаков, для формирования правильного распределения «ожиданий», «готовностей» к восприятию соответствующих признаков потребуется очень большое количество контактов с предметом и, следовательно, длительное время²⁹⁰. Кроме того, и каждый отдельный акт распознавания, как это было показано выше, потребует значительно большего времени. Если же с самого начала выявить объективную частотность признаков и, исходя из нее, построить оптимальную последовательность их проверки, то можно значительно быстрее сформировать правильную оценку вероятностей признаков. Оптимальная стратегия проверок признаков, заданная ученику в виде некоторого предписания (алгоритма), с самого начала выработает у него наиболее рациональную последовательность восприятия признаков, нужное распределение возбудимостей соответствующих очагов, создаст готовность к более быстрой реакции на более вероятные признаки и к менее быстрой — на менее вероятные. Все это, создав правильную вероятностную картину мира, облегчит и убыстрит восприятие и переработку информации человеком, выбор правильных действий, уменьшит количество ошибок, повысит производительность умственного труда в целом. Отсутствие правильной вероятностной картины мира, несоответствие между распределением «ожиданий» появления определенных признаков и их объективной частотностью затрудняет умственную деятельность, приводит к излишним затратам времени и сил²⁹¹. В этом — значение построения оптимальных стратегий анализа и распознавания предметов, исходя из анализа и учета вероятностей различных признаков. В этом — важность обучения определенным последовательностям проверок признаков (алгоритмам), а не только самим признакам и их логическим структурам.

Говоря о зависимости последовательности проверок признаков от их частотности, мы до сих пор имели в виду случаи, когда значимость различных признаков была одинаковой. Часто, однако, значимость различных признаков (и вообще явлений, с которыми человек имеет дело и на которые ему надо реагировать) неодинакова. В этом случае количество необходимых «оперирований» с теми или иными

²⁹⁰ Если у человека не будет большого количества контактов с предметом, то он не сможет уловить распределение вероятностей признаков и правильно их оценить. С неадекватной оценкой вероятностей признаков, с неправильным распределением «ожиданий» в жизни приходится встречаться очень часто.

²⁹¹ Специальное обучение «ожиданиям» имеет огромное значение в формировании умения решать задачи и, в частности, в формировании умения видеть орфографические трудности. Как известно, большое количество ошибок учащиеся делают не потому, что не знают грамматических правил, а потому, что не видят орфографических трудностей, не выделяют тех мест в словах и предложениях, над которыми надо «задуматься», по отношению к которым надо быть «осторожным». Это происходит потому, что они не знают, где надо ждать «подвохов» и не ждут их. У них не воспитана та «система ожиданий», которая создает повышенную чувствительность к определенным раздражителям и поэтому ведет к их выделению. Упражнения в проверке у объектов определенных признаков дают учащимся знания о том, какие именно признаки надо ждать у объектов определенных классов и при восприятии этих объектов ждать эти признаки. Тем самым вырабатывается та «система ожиданий», которая создает готовность к выделению нужных раздражителей и позволяет видеть орфографические трудности.

признаками и явлениями в процессе тренировки может не соответствовать их частотности. Так, может оказаться, что маловероятными, но значимыми признаками следует оперировать чаще, чем более вероятными, но малозначимыми. Сказанное можно пояснить на простом примере.

Представим себе, что надо обучить оператора управлять некоторым процессом производства. На пульте управления имеются тумблеры, которые нужно включать в случае аварийной ситуации. Аварийные ситуации бывают редко. Но так как правильная реакция на эти ситуации очень важна (несвоевременная или ошибочная реакция может привести к опасной аварии), то количество тренировок в реакциях на аварийные ситуации должно быть значительно больше, чем это вытекает из учета только частотности (вероятности) этих ситуаций. Насколько именно больше — это определяется последствиями несвоевременной или ошибочной реакции оператора и может быть, в частности, оценено, исходя из соотношения вероятности ситуации и «цены ошибки» (или «цены задержки») при ошибочном или отсроченном реагировании на эту ситуацию. Несоответствие количества «оперирований» признаками их объективной частотности может иметь место не только при производственном обучении, но и в процессе упражнений при усвоении предметов школьного цикла. При этом степень отклонения числа «оперирований» от частотности признаков может определяться, по-видимому, не только значимостью признаков, но и некоторыми другими факторами. Однако этот вопрос требует дополнительных исследований.

Разработка математических методов оценки необходимого количества упражнений по каждой из изучаемых в школе тем исходя не только из частоты определенных явлений и их признаков, но и, в частности, из их значимости, имеет для педагогики огромное значение. Разработка таких методов позволит строго научно определять не только то, чему следует учить учащихся, какие, операции надо у них формировать, но и то, в какой последовательности надо осуществлять формирование этих операций, как много упражнений необходимо выполнить для отработки различных операций, чтобы наилучшим образом сформировать требуемые умения и навыки и добиться наиболее быстрого достижения поставленных перед обучением целей. Тем самым будет преодолен существующий эмпиризм в определении числа и характера упражнений, которые предлагаются учащимся в школе.

II ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

РАЗДЕЛ I Постановка экспериментального обучения и исследования

XIV ЗАДАЧИ И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

§ 1. ЗАДАЧИ ЭКСПЕРИМЕНТА

В предыдущем разделе были изложены результаты теоретического исследования проблемы обучения учащихся общим методам мышления, в частности алгоритмам, и были показаны способы построения алгоритмов. В настоящем разделе будут изложены результаты экспериментального исследования проблемы обучения учащихся общим методам мышления и алгоритмам и раскрыты некоторые вопросы методики такого обучения.

В качестве материала для экспериментального обучения был выбран синтаксис русского языка. Это было сделано не только потому, что при обучении языку формирование умений и навыков, в основе которых лежат алгоритмические процессы, имеет особенно большое значение, и не только потому, что правильность или ошибочность расстановки знаков препинания служит хорошим показателем того, владеет ли ученик правильными приемами (методами) мышления или не владеет, но и потому, что в усвоении русского языка у учащихся наблюдаются большие трудности; русский язык является одним из тех предметов, по которым в школе имеется наибольшая неуспеваемость.

В самом деле, вряд ли можно найти взрослого человека с неполным средним образованием, который не сумел бы разделить, например, 243 на 3. Между тем многие люди не только со средним, но и с высшим образованием не умеют правильно расставить знаки препинания в более или менее трудном предложении (особенно с союзами *и*, *как* и в ряде других случаев). Не зная алгоритмов решения грамматических задач, они часто действуют по интуиции, наугад, что приводит к большому числу ошибок²⁹².

Поскольку, согласно нашему предположению, важная причина ошибок и трудностей в усвоении русского языка заключается в том, что учащихся не обучают (или плохо обучают, не всегда обучают) алгоритмам решения грамматических задач, и прежде всего алгоритмам распознавания, то одна из общих целей эксперимента состояла в том, чтобы, построив алгоритмы анализа (расознавания) синтаксических явлений, начать обучать учащихся этим алгоритмам так, как их обучают, например, алгоритмам деления или умножения в арифметике. Такое обучение, по замыслу, должно было значительно облегчить усвоение курса синтаксиса, поднять качество усвоения, уменьшить количество ошибок, вооружить учащихся некоторыми общими методами мышления и воспитать у них умение правильно рассуждать.

Совершенно ясно, что если бы учащиеся владели грамматическими алгоритмами подобно тому, как они владеют арифметическими алгоритмами, то процесс решения задач на определение пунктуации в принципе не отличался бы от процесса решения задач, например, на деление двух чисел. Он стал бы таким же алгоритмичным. Действия со словами и предложениями были бы такими же точными, определенными и уверенными, как и действия с числами. Конечно, количество операций, необходимых для решения грамматической и для решения арифметической задачи, может быть разным, да и сами операции неодинаковы по составу и сложности. Важно, однако, что применение алгоритма к решению синтаксической задачи с такой же необходимостью приводило бы к определению правильной пунктуации, с какой применение алгоритма деления двух чисел приводит к получению правильного частного. Ясно, насколько это могло бы облегчить усвоение синтаксиса и поднять эффективность обучения.

Каково место обучения алгоритмам при изучении родного языка?

На этот вопрос в настоящее время трудно дать окончательный ответ. Несомненно, однако, что

²⁹² На трудности и ошибки в усвоении русского языка неоднократно указывали учителя и методисты. Так, А. В. Дудников [613] в своей диссертации, посвященной вопросам обучения пунктуации, делает следующее заключение о результатах массового обследования, проведенного им в школах Российской Федерации: «По материалам анализа пунктуационной стороны работ учащихся VIII—X классов мы пришли к выводу, что навыки пунктуации у учащихся старших классов, в особенности VIII, являются крайне неустойчивыми и шаткими и что уровень пунктуационной грамотности учащихся этих классов весьма низок». На это еще раньше обращали внимание С. И. Абакумов [518], И. В. Устрицкий [823] и другие.

обучение языку не должно сводиться и не может быть сведено к обучению алгоритмам. Огромное место при обучении языку должно занять формирование умения хорошо говорить, правильно и точно выражать свои мысли, т. е. развитие культуры речи в широком смысле этого слова. Что касается поставленного выше вопроса о месте обучения алгоритмам, то можно думать, что алгоритмы применимы главным образом при изучении структурно-грамматической и логической стороны языковых явлений и неприменимы (или применимы меньше) при изучении экспрессивно-семантического аспекта языка и при решении экспрессивно-семантических задач²⁹³.

В этой книге мы, однако, таких задач почти не касаемся, сосредоточив основное внимание на задачах структурно-грамматического и логического характера, которых в процессе овладения языком приходится решать очень много. Достаточно сказать, что подавляющее большинство задач, связанных с умением грамотно писать,— это задачи именно структурно-грамматического и логического характера, для решения которых можно сформулировать достаточно общие регулярные методы решения и построить алгоритмы (алгоритмические предписания). Такие задачи и будут предметом нашего рассмотрения в последующих главах.

Основные задачи эксперимента по обучению учащихся общим методам решения задач (рассуждений), в частности алгоритмам, можно сформулировать так:

1. Выяснить, какое значение для повышения качества знаний, умений и навыков по русскому языку имеет специальное обучение учащихся общим методам рассуждения и алгоритмам; как при помощи специального обучения общим методам рассуждения, и в частности алгоритмам, поднять пунктуационную грамотность учащихся и облегчить усвоение грамматики в целом; какова эффективность специального обучения алгоритмам.

2. Построить методику обучения учащихся общим методам рассуждения и алгоритмам и эту методику отработать; в частности, определить способы обучения учащихся не только тому, как применять готовые алгоритмы, но и как их самостоятельно строить.

3. Разработать некоторые специальные пособия для обучения алгоритмам и эти пособия проверить и усовершенствовать.

4. Определить психологические особенности самостоятельного построения и усвоения учащимися алгоритмов, в частности, влияние обучения алгоритмам на формирование мотивов учения, интереса к родному языку как учебному предмету.

5. Определить, как влияет специальное обучение методам рассуждения и алгоритмам на развитие у учащихся некоторых общих качеств умственной деятельности, некоторых общих умственных способностей.

§ 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для конкретного исследования были отобраны четыре темы синтаксиса русского языка: «Подлежащее», «Виды простых предложений», «Однородные члены предложения» и «Сложносочиненное предложение». Первые три темы относятся к курсу VI, последняя к курсу VII класса²⁹⁴.

Эти темы были выбраны, во-первых, потому, что учащиеся в ходе изучения этих тем (а также после того, как они уже изучены) допускают большое количество ошибок²⁹⁵; во-вторых, потому, что эти темы тесно между собой связаны. (Так, не умея найти в предложении подлежащее, нельзя правильно определить и вид простого предложения, а также отличить сложное предложение от простого. Операции, которые применяются при распознавании простого предложения с однородными членами, применяются и при распознавании сложносочиненного предложения и т. д. Овладение всеми этими темами важно и для развития у учащихся культуры речи.)

Обучающий эксперимент проводился на уроке в условиях обычной классной работы сначала в VII классе школы № 312 Москвы, затем (по первым трем темам) в шестых классах пяти других школ. Часть уроков в шестых классах вел экспериментатор, часть — учителя. По каждой теме были составлены подробные методические разработки, в которых был предусмотрен не только порядок изучения отдельных вопросов, но и все виды самостоятельных работ, имевших целью активизировать процесс обучения и добиться более прочного и быстрого усвоения материала учащимися. Уроки протоколировались. После прохождения каждой темы учащимся давались контрольные работы.

²⁹³ Как известно, наука о языке не сводится к грамматике и не поглощается логикой хотя грамматический и логический аспекты языка занимают важное место в этой науке и теснейшим образом между собой связаны.

²⁹⁴ В настоящее время темы «Виды простых предложений» и «Однородные члены предложения» изучаются в VII классе, но в период проведения эксперимента (1957-1959 гг.) они изучались в VI классе.

²⁹⁵ Количественные данные будут приведены ниже.

Экспериментальное обучение на уроке постоянно сочеталось с индивидуальным диагностическим экспериментом. Последний давал возможность выявить те внутренние, скрытые от внешнего наблюдения процессы и изменения, которые происходили в сознании учащихся при усвоении материала. К тому же изучение динамики и хода усвоения (а не только его результатов) давало исследователю ту необходимую информацию, на основе которой возможно было вносить коррективы в методику обучения и тем самым совершенствовать его отдельные звенья.

Результаты обучения в экспериментальных классах (будем так для краткости называть классы, в которых проводилось экспериментальное обучение) сопоставлялись с результатами обучения в контрольных классах, где работа велась учителями по обычной методике. Таких контрольных классов было 22 (в семи различных школах). В некоторых из контрольных классов экспериментатор проводил наблюдения на уроках, во всех контрольных классах после изучения соответствующих тем учащимся давались те же контрольные работы, что и в экспериментальных классах. С частью учащихся контрольных классов проводились такие же индивидуальные диагностические эксперименты, что и с учащимися экспериментальных классов. Всего индивидуальным экспериментом было охвачено 60 учащихся из контрольных и экспериментальных классов.

Ниже в целях иллюстрации хода экспериментального обучения будет описана работа по обучению учащихся лишь двум темам из четырех, а именно темам: «Виды простых предложений» и «Сложносочиненное предложение».

Мы примем следующий порядок изложения материала.

Перед тем как непосредственно описать ход изучения каждой темы, будет дано обоснование методики обучения этой теме. Оно будет включать в себя следующие вопросы:

а) анализ понятия о соответствующем грамматическом явлении (т. е. его признаков и их структуры) так, как оно раскрывается в учебнике; характеристика общепринятых методов обучения данной теме;

б) анализ ошибок учащихся и трудностей, связанных с усвоением соответствующего понятия и его применением при решении грамматических задач;

в) обоснование необходимости иного, по сравнению с учебником, определения понятия, если признаки, данные в учебнике, неудовлетворительны; характеристика этих признаков и их логической структуры;

г) описание наиболее рационального из возможных (в которых используются данные признаки) алгоритмов решения соответствующих грамматических задач;

д) описание некоторых принципов и, в отдельных случаях, алгоритмов обучения.

Мы говорили выше о том, что одна из причин трудностей в усвоении грамматики и решении грамматических задач состоит в том, что большинство учащихся не знает в общем виде, что такое признак, каковы функции признаков, какие существуют логические структуры признаков, как способ действий по распознаванию грамматического явления зависит от логической структуры его признаков.

В связи с этим мы сочли целесообразным перед тем, как начать, экспериментальное обучение конкретным грамматическим темам, провести специальный урок, посвященный раскрытию этих важнейших логических понятий и формированию соответствующих логических умений. Этот урок мы условно называем «логическим».

Прежде чем перейти к описанию хода «логического урока», остановимся на краткой характеристике ошибок, вызванных отсутствием у учащихся нужных логических знаний и несформированностью соответствующих логических умений.

**ФОРМИРОВАНИЕ У УЧАЩИХСЯ ПОНЯТИЯ О ПРИЗНАКАХ И
ИХ ЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ. ОБУЧЕНИЕ МЕТОДАМ РАССУЖДЕНИЯ,
ОПРЕДЕЛЯЕМЫМ ЛОГИЧЕСКИМИ СТРУКТУРАМИ ПРИЗНАКОВ ЯВЛЕНИЙ**

**§ 1. ОШИБКИ УЧАЩИХСЯ, ВЫЗВАННЫЕ ОТСУТСТВИЕМ
ОПРЕДЕЛЕННЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ И СООТВЕТСТВУЮЩИХ ИМ
ЛОГИЧЕСКИХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ**

Еще в работе [686], посвященной формированию у учащихся методов математического мышления, мы на основе экспериментальных данных показали, что многие учащиеся шестых — восьмых классов, употребляя слово «признак», по существу часто не знают, что это такое, зачем признаки нужны, каковы их функции, что с ними надо делать в процессе распознавания явлений и решения задач. Аналогичные данные получены нами и при изучении того, как учащиеся решают грамматические задачи.

Вот отрывок из протокола беседы с учеником Виктором Е. Ученик разбирает предложение *Прозрачный лес один чернеет, и ель сквозь иней зеленеет*. Выделив подлежащие и сказуемые, он говорит, что сказуемые здесь однородные.

Э к с п. Ты уверен, что они однородные?

И с п. Да.

Э к с п. Вспомни, что мы называем однородными членами.

И с п. Однородными членами называются слова, которые отвечают на один и тот же вопрос и относятся к одному и тому же слову.

Э к с п. Теперь примени это определение к словам *чернеет* и *зеленеет*. Являются они однородными членами или нет?

Ученик молчит.

Э к с п. Отвечают ли они на один и тот же вопрос?

И с п. Отвечают.

Э к с п. Можно ли сказать, что они однородные?

Молчание.

Э к с п. Относятся ли эти слова к одному и тому же слову?

И с п. Нет.

Э к с п. Так все-таки: являются ли они однородными членами предложения?

И с п. (после паузы, растерянно). Не знаю.

Как видим, знание учеником признаков однородных членов является чисто словесным. Он их называет, механически повторяя определение, но не знает, для чего они нужны и что с ними надо делать при решении грамматических задач. Он не понимает, что признаки, которые даются в определении, надо из определения вычленить, установить характер их связи, их структуру, «приложить» каждый из них к объекту, который надо распознать, и в зависимости от наличия или отсутствия этих признаков у объекта сделать определенный вывод. Обо всем этом ученик не имеет никакого представления, он не оперирует с признаками как с признаками. Знание им определения ничего не дает ему для решения стоящей перед ним задачи.

Большое количество ошибок связано с тем, что учащиеся не знают, какие существуют способы связи признаков, не ставят перед собой задачи осознать (и не осознают) логическую структуру признаков анализируемого явления, их действия не соотнесены с этой структурой. Так, например, в ходе индивидуального эксперимента многим учащимся давались определения, в которых опущены союзы, связывающие признаки (примеры таких определений приводились выше), и ставился вопрос, каким союзом их можно связать. Вопрос этот вызывал у многих учащихся недоумение. Они даже не понимали, о чем их спрашивают.

Другой эксперимент состоял в том, что учащимся давались определения, в которых четко были выделены не только признаки, но и союзы, которым они были связаны. Затем давались объекты, которые надо было распознать посредством этих признаков. Перед учащимися ставился вопрос, как надо действовать, чтобы определить, каким является объект, если признаки, указанные в определении, связаны союзом и или если они связаны союзом или. Наиболее успевающие ученики правильно отвечали на этот вопрос, однако большинство средних и слабых учащихся на него ответить не могли. Многие из них этого вопроса даже не понимали. Приведем несколько примеров типичных ошибок учащихся, связанных с тем, что они не осознают логической структуры признаков предметов и не знают, как нужно действовать с предметом при его распознавании в зависимости от структуры его признаков.

Известно, что учащиеся пятых классов, правильно определяя прилагательное и называя союз, которым связаны его признаки, нередко считают слова типа *близна, твердость, шероховатость* прилагательными. На вопрос, почему они думают, что эти слова являются прилагательными, следует обычно ответ: потому что они обозначают признаки предмета.

Из сказанного выше ясно, в чем природа этой ошибки. Чтобы слово было прилагательным, недостаточно, чтобы оно обозначало признак предмета. Необходимо еще, чтобы оно отвечало на вопросы *какой?* или *чей?*, т. е. имело бы второй признак прилагательного. Учащиеся же, не осознав логической структуры признаков прилагательного, не зная, что для положительного заключения о принадлежности слова к классу прилагательных необходимо установить наличие у него обоих признаков прилагательного, делают такое заключение после проверки лишь одного первого признака. Это заключение является неверным, ошибочным.

Аналогичное положение имеет место при распознавании подлежащего и во многих других случаях. Так, например, в предложениях *Плот снесло течением, Шоссе занесло снегом, Грузовик бросает на ухабах* подавляющее большинство учащихся VI—VII классов подчеркивает в качестве подлежащих слова *плот, шоссе, грузовик*, которые в действительности подлежащими не являются. Причина этого в том, что они оперируют с недостаточным признаком подлежащего (а именно, что оно отвечает на вопрос *что?*) как с достаточным.

Вот выдержка из протокола беседы с ученицей VII класса Людмилой А., допустившей указанные ошибки:

Э к с п. Почему ты считаешь, что *плот* подлежащее?

И с п. Потому что это слово отвечает на вопрос *что?*

Э к с п. А слово *шоссе*?

И с п. Оно тоже отвечает на вопрос *что?*

Э к с п. А как определить в предложении подлежащее?

И с п. Надо найти слова, отвечающие на вопрос *кто?* или *что?*²⁹⁶.

Большое число ошибок учащихся вызвано недостатками в раскрытии логических структур признаков в учебниках. Об этих недостатках специально речь шла выше. Приведем примеры ошибок учащихся, порожденных этими недостатками²⁹⁷.

Вот некоторые предложения, в которых учащиеся неправильно поставили запятые: *Я, с радостью, выполнил просьбу моего друга. Она слушала его, со страхом и жадно. Николай Петрович посмотрел ему вслед и, в смущении, опустил на стул.*

Учащиеся приняли слова *с радостью, со страхом и жадно, в смущении* за вводные и выделили их запятыми, ссылаясь на то, что они выражают отношение говорящего к высказываемой мысли и совершенно не считаясь с тем, что не всякие слова, в которых выражается отношение говорящего к чему-либо, являются вводными. То, что вводные слова не должны быть членами предложения, для этих учащихся значения не имело: это не осознавалось ими как необходимый признак, который присоединяется к предыдущему признаку союзом *и*.

Еще пример. В предложении *В целях поднятия урожайности в почву было внесено много удобрений* многие учащиеся ошибочно отделяют запятой словосочетание *в целях поднятия урожайности*, считая его придаточным предложением цели. На вопрос, почему они считают это словосочетание придаточным предложением, они отвечают: в нем указана цель действия и оно отвечает на вопрос *с какой целью?*

Между тем эти признаки недостаточны. Чтобы словосочетание, указывающее на цель, было придаточным предложением, необходимо наличие еще одного признака — подчинительного союза. Признак этот сугубо формальный. Он ни в малейшей степени не меняет смысла предложения в целом. Но без него словосочетание, указывающее цель, придаточным предложением не является.

В самом деле, словосочетание *чтобы поднять урожайность* (в предложении *Чтобы поднять урожайность, в почву было внесено много удобрений*) — это придаточное предложение, и его надо отделить запятой, словосочетание же *в целях поднятия урожайности*, выражающее тот же самый смысл, придаточным предложением не является, и его запятой отделять не надо.

Допуская указанную выше ошибку, учащиеся не осознавали, что наличие подчинительного союза является необходимым признаком придаточного цели, который должен присоединяться к предыдущим признакам союзом *и*. Не осознавая же логической структуры признаков придаточного предло-

²⁹⁶ Примеры аналогичных ошибок в большом количестве приведены также в работе А. М. Орловой [735].

²⁹⁷ Здесь и далее имеется в виду предыдущее стереотипное издание стабильного учебника русского языка [532], действовавшего в период проведения эксперимента.

жения цели, понять отличие словосочетания, указывающего на цель, от придаточного цели, как правило, нельзя.

Развитые в предыдущей части работы теоретические положения относительно роли осознания логических структур признаков в распознавании явлений и определили основные задачи и строение «логического урока».

Эти задачи следующие:

Дать учащимся понятие о том, что такое признак и зачем надо знать признаки явлений.

Сформировать у учащихся понятие о способах связи признаков логическими союзами, т. е. о логических структурах признаков, и, в связи с этим, понятие о необходимых и достаточных признаках.

Показать учащимся зависимость действий по распознаванию явлений от логической структуры их признаков, выработать общие методы распознавания явлений в зависимости от типов логических структур признаков.

Мы не будем за недостатком места членить указанные задачи на более элементарные и специально описывать те обучающие операции, которые применялись для решения этих задач. Эти операции легко вычленишь из описания хода урока. Заметим только, что ни одно из положений не давалось учащимся в готовом виде. Метод ведения урока был таков, что преподаватель все время ставил учащихся в такие ситуации, когда они должны были решать определенные задачи и, решая эти задачи, самостоятельно открывать нужные положения, производить необходимые умственные операции.

§ 2. ПОСТРОЕНИЕ И ХОД «ЛОГИЧЕСКОГО УРОКА»²⁹⁸

В начале урока учитель сказал, что для того, чтобы научиться грамотно писать, очень важно уметь распознавать грамматические явления — части речи и члены предложения, знать, что нужно делать, чтобы безошибочно отличать одно грамматическое явление от другого. На некоторых примерах он показал, как смешение грамматических явлений, неумение их различить ведет к ошибкам.

Учитель. Вот почему прежде чем мы перейдем непосредственно к теме «Подлежащее», мы остановимся на том, от чего зависит правильное распознавание того или иного предмета или явления. Представьте себе такой случай. Звонит ко мне на работу один знакомый, и между нами происходит следующий разговор: «Я обещал вернуть Вам сегодня книгу, которую взял у Вас, — говорит мне мой знакомый, — но я сейчас занят и попросил моего сослуживца Ивана Ивановича (он едет в вашу сторону) завезти Вам эту книгу. Он будет у Вас через час». — «К сожалению, я через полчаса должен уйти и не могу его ждать». — «Тогда встретьтесь с ним у входа в метро станции «Кировская», и он Вам эту книгу передаст». — «Но я же его не знаю!» Что должен был сообщить мне мой знакомый об Иване Ивановиче, чтобы я (и любой из вас, если бы вы оказались в такой ситуации) мог узнать его среди других людей?

Ученик²⁹⁹. Он должен сообщить какие-нибудь приметы.

Учитель. Правильно. Теперь подумайте, какое слово можно здесь употребить вместо слова «приметы»?

Ученик. Можно сказать — «признаки»³⁰⁰.

Учитель. Хорошо. Действительно, признаки — это то же самое, что приметы. Признаки и есть приметы, по которым мы что-либо признаем, узнаем, распознаем. В дальнейшем мы с вами вместо слова «примета» будем говорить «признак». Итак, какие же признаки Ивана Ивановича мог сообщить мне мой знакомый, чтобы я смог узнать его в метро?

²⁹⁸ На изучение материала, изложенного ниже, достаточно отвести полтора два урока, но его можно изучать по частям и на большем числе уроков, специально уделяя для этой цели 10—15 минут на каждом из них. Вообще, не обязательно давать «логический урок» именно перед темой «Подлежащее». Мы провели такой урок перед этой темой лишь потому, что с нее начали экспериментальное обучение. Мы убеждены, что работа по овладению учащимися понятиями признака и логической структуры признаков и по формированию умения выявлять логические структуры признаков, а также устанавливать зависимость способа действий с явлением от характера структуры его признаков должна проводиться значительно раньше, еще в начальной школе. Некоторые сугубо предварительные наблюдения и эксперименты показывают, что это вполне возможно. Конечно, в начальной школе нет надобности давать специальные «логические уроки», подобные описанному ниже. Работа над понятием логической структуры признаков и формированием соответствующих логических умений должна вестись постепенно, но систематически на материале тех предметов, которые изучают учащиеся. Если бы такая работа была в начальной школе поставлена, то в VI классе не было бы надобности проводить специального «логического урока».

²⁹⁹ Поскольку при изложении хода урока имеет значение не то, какие именно ученики отвечали на тот или иной вопрос и был ли это один и тот же ученик или разные ученики, то в приводимых фрагментах уроков мы будем просто говорить «Ученик».

³⁰⁰ Если учащиеся на этот вопрос ответить не могут, то учитель сам вводит термин «признак».

Ученик. Он мог бы сообщить, как он одет. Например, сказать, что он в коричневом пальто.

Учитель. Хорошо, запишем на доске этот признак Ивана Ивановича. (Учитель пишет на доске: «в коричневом пальто»). Достаточно ли знать этот признак Ивана Ивановича, чтобы его можно было узнать среди других людей? (Учитель подчеркивает интонационно слово «достаточно».)

Ученик. Нет.

Учитель. Почему вы так думаете?

Ученик. Потому что мужчин в коричневом пальто много.

Учитель. Правильно, по одному признаку «в коричневом пальто» отличить Ивана Ивановича от других людей мы не сможем. Какие еще вы можете назвать признаки, которыми мог бы обладать Иван Иванович?

Ученик. Он может быть, например, высокого роста.

Учитель. Как вы думаете, хорош ли для нас этот признак?

Ученик. Нет, не хорош.

Учитель. Почему?

Ученик. Потому что трудно на глаз точно измерить рост человека.

Учитель. На глаз действительно трудно. Но дело не только в этом. Допустим, что, обладая соответствующими измерительными инструментами, мы могли бы точно измерить рост проходящих мимо нас людей. Чем был бы плох признак «высокого роста» в этом случае?

Ученик. Тем, что не указано точно, что понимать под высоким ростом.

Учитель. Правильно, этот признак в такой формулировке плох тем, что он неопределенен (не определено, не указано точно, что понимать под высоким ростом, какой именно рост считать высоким), а потому этот признак не однозначен: одни люди могут считать какого-то человека высоким, а другие будут полагать, что он среднего роста³⁰¹. Какой бы вы предложили другой, более подходящий признак?

Ученик. Иван Иванович в серой шляпе.

Учитель. Ну, я думаю, этот признак значительно лучше. Он более определенный. Здесь не может быть такого расхождения во мнениях, как при оценке роста. Запишем и этот признак.

Под первым признаком записывается второй, признаки нумеруются.

Учитель. Достаточно ли знать оба эти признака, чтобы узнать Ивана Ивановича?

Ученик. Нет. В коричневом пальто и серой шляпе тоже бывает много мужчин.

Учитель. Как же нам все-таки отличить Ивана Ивановича?

Ученик. Надо указать еще какой-нибудь его признак. Например, что у Ивана Ивановича в руке книга.

Учитель. Запишем на доске также этот признак.

Признак записывается под предыдущими.

Учитель. Как вы думаете, достаточно ли теперь признаков для того, чтобы по ним узнать Ивана Ивановича?

Ученик. Тоже нет. А вдруг у входа в метро появятся два человека в коричневом пальто и в серой шляпе и каждый с книгой. Для верности надо указать еще какой-нибудь признак.

Учащиеся предлагают несколько признаков: «шрам на правой щеке», «в роговых очках», «в сером с черными полосами шарфе».

Учитель. Возьмем один из названных вами признаков, например, «шрам на правой щеке».

Признак записывается под предыдущими.

Далее учитель спрашивает, достаточно ли теперь признаков, чтобы отличить Ивана Ивановича от других людей, и ученики говорят, что теперь, пожалуй, достаточно³⁰².

Учитель. Действительно, вряд ли может так случиться, что в одном и том же месте могут оказаться два человека в коричневом пальто, в серой шляпе, с книгой в руке и у обоих на правой щеке

³⁰¹ Привлечь внимание учащихся к требованиям, предъявляемым к признакам, очень важно. Анализ признаков с точки зрения их определенности, однозначности и других качеств имеет большое общеразвивающее значение.

³⁰² Учительница русского языка 34-й школы Москвы С. Ф. Иванова, ознакомившаяся с рукописью этой книги, высказала соображение о возможности другого варианта проведения описываемой работы. Суть этого варианта в следующем. Учитель вывешивает на доске изображение Ивана Ивановича и предлагает учащимся указать по нему отличительные признаки изображенного человека. В этом случае учащимся не надо будет самостоятельно «придумывать» признаки (хотя в некоторых отношениях это весьма полезно), они смогут вычленивать их по рисунку. Нам кажется, что этот вариант заслуживает внимания и является весьма интересным. Проверка должна показать, какой вариант более целесообразен. Вполне возможно, что второй.

шрам. Этих признаков практически достаточно, чтобы узнать Ивана Ивановича в массе других людей³⁰³. Теперь подумайте, каким союзом можно было бы связать эти признаки.

Учащиеся без труда отвечают, что признаки можно связать союзом **и**³⁰⁴. Этот союз вписывается между признаками, и схема приобретает следующий вид:

Признаки Ивана Ивановича

1) в коричневом пальто

и

2) в серой шляпе

и

3) в руке книга

и

4) на правой щеке шрам.

После того как составлена логическая схема признаков, учитель должен подвести учащихся к пониманию того, как с этими признаками надо действовать, какая система операций вытекает из данной логической схемы признаков, как данная схема обуславливает способ действий с явлением, которое надо распознать. Это второй и важнейший этап работы.

Учитель. Представьте себе теперь, что мы с вами вместе пошли встречать Ивана Ивановича. Мы пришли несколько раньше назначенного времени и стоим в вестибюле метро. Мимо нас проходят различные люди. Что мы должны делать, чтобы узнать среди них Ивана Ивановича?

Ученик. Нам надо смотреть, у кого из людей будут признаки Ивана Ивановича.

Учитель. Правильно. Вот мы стоим у входа в метро и рассматриваем проходящих мимо нас людей. Допустим, я обратил внимание на какого-то человека. Что я должен сделать, чтобы установить, Иван Иванович ли это?

Ученик. Для этого надо посмотреть, в каком пальто этот человек.

Учитель. Конечно, я так и поступлю, я проверю, имеется ли у него признак «в коричневом пальто». Пусть первого признака у него нет, т. е. человек не в коричневом пальто.

Ученик. Тогда ясно, что это не Иван Иванович.

Учитель. Как вы считаете, стоит ли дальше рассматривать этого человека, надо ли проверять наличие у него остальных признаков? (Давайте вместо слов «смотреть, есть ли у него остальные признаки» говорить «проверять наличие остальных признаков» или просто «проверять остальные признаки».)

Ученики говорят, что этого делать не надо.

Учитель. Действительно, если первый признак отсутствует, незачем проверять остальные признаки. Мы сразу можем сделать отрицательный вывод: этот человек не Иван Иванович. А теперь допустим, что у проходящего мимо нас человека есть наш первый признак, т. е. он в коричневом пальто. Можно ли отсюда сделать вывод, что это Иван Иванович? **Д о с т а т о ч н о** ли наличия у человека одного признака, чтобы можно было заключить, что это Иван Иванович?

Ученик. Нет, надо проверить, есть ли у него другие признаки Ивана Ивановича.

Учитель. А почему вы думаете, что надо проверять другие признаки Ивана Ивановича?

Ученик. Потому что проходящий мимо нас человек только тогда будет Иваном Ивановичем, когда на нем будет и коричневое пальто, и серая шляпа, и в руке у него будет книга, и на правой щеке шрам.

Учитель. Правильно, когда признаки связаны союзом **и**, наличие одного признака недостаточно для положительного вывода (т. е. чтобы сказать: «Это — Иван Иванович»). Надо проверять наличие других признаков. Какой же признак вы теперь будете проверять?

Ученик. Надо проверить, есть ли у идущего мимо человека второй признак Ивана Ивановича, посмотреть, в какой шляпе человек.

³⁰³ Признаки Ивана Ивановича можно было бы дать учащимся готовыми, но мы намеренно предпочли тот путь, когда учащиеся должны были самостоятельно указать возможные признаки Ивана Ивановича. Работа по подбору признаков должна была показать учащимся, что признаки должны быть отличительными. Такая работа, проводимая систематически, должна научить учащихся самостоятельно с т р о и т ь определения (а не только их з а - п о м и н а т ь , как это сейчас часто происходит в школе). Поиск и формулирование признаков, отличающих Ивана Ивановича от других людей, это не что иное, как процесс построения определения.

³⁰⁴ Аналогичный вопрос, задававшийся учащимся по отношению к признакам, не вычлененным из определения, и касавшийся понятий, далеких от их жизненного опыта, вызывал у многих учащихся затруднение. Здесь же этот вопрос понимался сразу и никаких затруднений не вызывал.

Учитель. Допустим, второго признака у него нет, человек не в серой шляпе. Что надо делать тогда? Нужно ли проверять остальные признаки?

Ученик. Нет, если второго признака нет, то это не Иван Иванович.

Учитель. А если второй признак есть? Достаточно ли наличия двух признаков, чтобы сделать положительный вывод: этот человек — Иван Иванович?

Ученик. Нет, надо проверить наличие у него третьего признака.

Аналогичным образом рассматриваются и остальные признаки. Затем учитель подводит итог, делая следующий вывод из беседы с учащимися.

Учитель. Итак, мы установили, что признаки Ивана Ивановича связаны союзом и. Это значит, что для того чтобы какой-то человек оказался Иваном Ивановичем, он должен иметь все признаки Ивана Ивановича: и первый, и второй, и третий, и четвертый. Как же мы должны действовать, чтобы узнать, является ли проходящий мимо нас человек Иваном Ивановичем? Мы должны проверить наличие у этого человека в с е х признаков Ивана Ивановича. Если все признаки у него есть, это значит, что он — Иван Иванович. Если хотя бы одного признака у него нет, то он — не Иван Иванович.

В каком же порядке мы действуем?

1. Прежде всего мы проверяем наличие у проходящего мимо человека первого признака.

Если первого признака нет, то больше признаков не проверяем и сразу делаем отрицательный вывод: не Иван Иванович.

Если первый признак есть, то

2. Проверяем наличие у него второго признака.

Если второго признака нет, то больше признаков не проверяем и сразу делаем отрицательный вывод: не Иван Иванович.

Если и второй признак есть, то

3. Проверяем третий признак...

Мы действуем так до тех пор, пока не доходим до последнего признака.

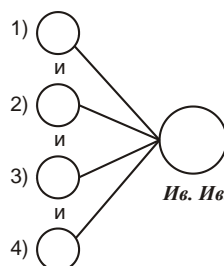
Если последнего признака нет, то делаем отрицательный вывод: не Иван Иванович.

Если же есть и последний признак (т. е. имеются все признаки!), то тогда — и только тогда — делаем положительный вывод: значит, это Иван Иванович.

Учитель (продолжает). Поскольку для того, чтобы сделать положительный вывод, необходимо наличие всех признаков, то каждый признак является н е о б х о д и м ы м. Ведь если какого-либо признака нет, то мы уже не можем сделать положительного вывода. Но каждый признак, будучи необходимым, как мы видели, не является д о с т а т о ч н ы м. Если у проходящего мимо меня человека есть какой-нибудь о д и н признак Ивана Ивановича, то этого еще н е д о с т а т о ч н о, чтобы сделать вывод, что он Иван Иванович. Д о с т а т о ч н ы м для положительного вывода является лишь с о - в о к у п н о с т ь п р и з н а к о в, их с о ч е т а н и е.

Теперь, рассмотрим все, о чем мы до сих пор говорили, на схеме. Обозначим каждый из признаков отдельным кружочком; Наличие признака будем обозначать знаком плюс (+), а отсутствие — знаком минус (—).

Чертится схема³⁰⁵:



С этой схемой проводится следующая работа. Учитель вписывает в маленькие кружки плюсы и минусы, а учащиеся должны сказать, что получится в большом кружке.

³⁰⁵ Если обозначить признаки Ивана Ивановича буквами a, b, c, d , а под x иметь в виду человека, у которого проверяются признаки, то логическую структуру признаков Ивана Ивановича (Ив. Ив.) можно было бы на языке логики предикатов описать так:

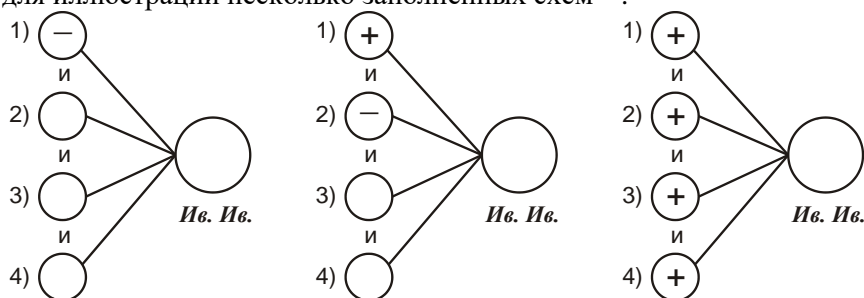
$$a(x) \& b(x) \& c(x) \& d(x) \overline{Df} \text{Ив. Ив.}(x).$$

На языке логики высказываний запись будет иметь вид:

$$a \& b \& c \& d \overline{Df} \text{Ив. Ив.}$$

Выражение $\text{Ив.Ив.}(x)$ есть сокращение для высказывания « x есть человек, имеющий имя Иван Иванович».

Приведем для иллюстрации несколько заполненных схем³⁰⁶:



После тренировки учитель делает вывод.

У ч и т е л ь . Плюс в кружочке справа может быть только тогда, когда во всех левых кружочках стоят плюсы. Если же хотя бы в одном из левых кружочков будет минус, то в кружочке справа тотчас же появляется минус.

Правило это учащиеся запоминают быстро и легко³⁰⁷.

После того как заканчивается работа на схемах, учитель переходит к формированию обобщений еще более высокого уровня, к формированию еще более общего метода рассуждения. Он раскрывает положение о том, что все сказанное о признаках, их структурах и действиях с ними имеет значение не только для узнавания какого-то отдельного человека, но и для узнавания (распознавания, опознавания) любого предмета или явления.

У ч и т е л ь . Мы с вами видели, что для того, чтобы узнать Ивана Ивановича, выделить его среди других людей, нам надо знать его признаки. Как вы думаете, только ли Иван Иванович имеет признаки и только ли Ивана Ивановича можно распознавать по его признакам?

Ученики говорят, что признаки имеют все люди, животные, вещи и т. д.

У ч и т е л ь . Действительно, каждый предмет, каждое явление имеет свои признаки, и чтобы распознавать предметы, т. е. выделять их среди других предметов, отличать от других явлений, надо знать их признаки. Вспомните определение угла. Что такое угол?

У ч е н и к . Угол — это фигура, образованная двумя лучами, выходящими из одной точки.

У ч и т е л ь . Какие признаки указываются в этом определении? Какими признаками должна обладать геометрическая фигура, чтобы можно было сказать, что она — угол?

Учащиеся называют признаки угла; признаки записываются на доске.

У ч и т е л ь . Каким союзом связаны эти признаки?

У ч е н и к . Они связаны союзом и.

Союз **и** вписывается между признаками, и схема признаков приобретает такой вид:

Признаки угла

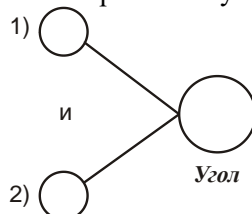
Углом называется фигура, которая

1) образована двумя лучами

и

2) эти лучи выходят из одной точки.

Чертится также более абстрактная схема признаков угла:



У ч и т е л ь . Теперь представим себе, что у нас есть много геометрических фигур и нам надо найти среди них угол.

Учитель чертит на доске несколько фигур:

³⁰⁶ Отсутствие в кружочке плюса или минуса означает, что соответствующий признак не проверялся (вывод сделан на основе проверки предыдущих признаков).

³⁰⁷ Значение работы на схемах состоит в том, что подобная работа, во-первых, выявляет в общем виде логическую структуру признаков, во-вторых, показывает (также в общем виде), как эта структура обуславливает структуру операций над этими признаками. Выявление в общем виде структур признаков и операций над ними, а также зависимости способа рассуждения от структуры признаков способствует более быстрому и глубокому формированию необходимых обобщений, а это, в свою очередь, имеет большое развивающее значение, поскольку вырабатывает общие способы рассуждений, воспитывает общие методы мышления.



Учитель. Эти фигуры как бы люди, которые проходят мимо нас в метро, а угол — это наш «Иван Иванович», предмет, который мы должны найти, распознать, определить. Как мы должны действовать, чтобы узнать, какая из фигур является углом, т. е. как бы Иваном Ивановичем?

Ученик. Мы должны проверять, есть ли у них признаки угла.

Учитель. Проверим, используя признаки угла, является ли левая фигура углом. Что для этого надо сделать?

Ученик. Надо проверить, есть ли у нее первый признак угла.

Ученики устанавливают, что первый признак угла у проверяемой фигуры имеется.

Учитель. Достаточно ли наличия одного этого признака, чтобы сделать вывод, что данная фигура — угол?

Ученик. Нет, надо еще, чтобы лучи выходили из одной точки.

Учитель. Правильно, надо проверить, имеется ли у фигуры второй признак.

Устанавливается, что второго признака нет.

Учитель. Какой вывод из этого можно сделать?

Ученик. Раз одного из признаков нет, значит, эта фигура не угол.

Аналогичным образом анализируются другие фигуры³⁰⁸.

После этого учащимся дается задание, требующее от них совершенно самостоятельного вычленения признаков, выявления их логической структуры, составления логической схемы признаков и определения на ее основе операций, необходимых для распознавания явления по этим признакам.

Учитель. При помощи признаков мы распознаем не только людей, геометрические фигуры, но и грамматические явления. Откройте учебник русского языка, прочитайте определение имени прилагательного, выделите из этого определения признаки прилагательного, выпишите их под номерами и поставьте союз, которым они соединяются. Короче говоря, действуйте так, как мы действовали до сих пор с признаками Ивана Ивановича и признаками угла³⁰⁹.

После того как учащиеся выполняют задание в тетрадях, на доске записывается структурная схема признаков прилагательного.

Признаки прилагательного

Прилагательными называются слова, которые

1) обозначают признаки предметов

и

2) отвечают на вопросы *какой? чей?*

Затем учащимся дается ряд слов (*хотьба, деревянный, дерево, краснота, красный*) и предлагается, пользуясь указанными признаками, определить, какие из этих слов прилагательные, какие — нет и почему.

Учащиеся, указав нужный порядок действий, без труда решают эту задачу. Они не только находят среди слов прилагательные *деревянный* и *красный*, но и доказывают, почему слова *хотьба, дерево* и

³⁰⁸ Данные приемы формирования понятий в ряде отношений аналогичны тем, которые недавно описаны З. А. Решетовой, И. П. Калошиной [312] и Н. Ф. Талызиной [328]. Однако между описанными ими приемами и приемами, примененными в нашем экспериментальном обучении, имеется значительное различие. При работе по нашей методике учащимся даются специальные знания о различных логических союзах, связывающих признаки, формируется общее понятие логической структуры признаков и знание о типах логических структур (хотя слово «структура» не употребляется). Учащиеся подводятся к пониманию того важного положения, что метод распознавания, способ действий с явлением зависит от типа логической структуры его признаков. При нашем подходе с учащимися проводятся специальные упражнения, требующие выбора способа действий в зависимости от типа логической структуры. В ходе обучения им даются также некоторые знания о качествах признаков с точки зрения определенности, однозначности и т. п., а также раскрывается значение различной последовательности проверки признаков в связи с задачей рационализации процесса распознавания (в частности, указываются некоторые критерии выбора оптимальной последовательности проверки признаков в зависимости от связывающих их логических союзов и частотности этих признаков). Все эти знания принадлежат к категории знаний достаточно высокой степени общности и служат основой весьма общих методов рассуждения.

³⁰⁹ Как мы видим, указанный порядок действий представляет собой определенный общий метод работы над определениями, общий метод усвоения понятия и последующего его применения. Учащиеся обучаются такой общей системе операций, которая дает возможность овладевать различными понятиями (геометрическими, грамматическими и т. п.) и правильно распознавать самые разные явления. В этом — развивающее значение такого обучения. Участь правильно оперировать одним содержанием, учащиеся приобретают способность действовать с различным содержанием, овладевают некоторыми общими методами мышления.

краснота прилагательными не являются (потому что у них отсутствует один из необходимых признаков или оба вместе).

После завершения этого этапа «логического урока» полезно обратить внимание учащихся на то, что для распознавания явлений не имеет значения последовательность расположения признаков на схеме, а также последовательность их проверки (какой признак проверять первым, какой вторым и т. д.). Правильный ответ можно получить при любой последовательности расположения признаков и их проверки. Но если признаки связаны союзом **и**, то более рационально начинать проверку с наиболее редких признаков. Это сужает область поиска, дает возможность получить ответ на поставленный вопрос (в данном случае узнать, является ли проходящий мимо человек Иваном Ивановичем) более быстро. Для обоснования того, почему, если признаки связаны союзом **и**, рациональней начинать с проверки более редких признаков, можно провести рассуждения и расчеты, аналогичные тем, что были приведены нами в главе XI. В примере с распознаванием Ивана Ивановича более редким признаком является шрам на щеке. С него и надо начинать проверку. Говоря практически, при необходимости узнать Ивана Ивановича в толпе проходящих мимо людей надо смотреть на их лица, точнее, на их правую щеку, а не на пальто, шляпу, руки (что несут в руках). Если представить себе, что мимо идет большой поток людей и что практически затруднительно хорошо рассмотреть каждого человека (заметить, в каком он пальто, в какой шляпе, что несет в руках и нет ли у него шрама на щеке), то преимущество рациональной стратегии осмотра (если шрама на щеке нет, что это не Иван Иванович и больше рассматривать человека незачем) очевидно. Поскольку признак «шрам на щеке» очень редкий, то в подавляющем большинстве случаев для вывода о том, что проходящий мимо человек не Иван Иванович, достаточно ограничиться проверкой лишь одного признака. При другой стратегии надо будет каждого человека проверять на большее количество признаков, рассматривать его более «подробно», что при большом потоке людей и при необходимости быстро рассмотреть каждого очень трудно и утомительно³¹⁰. На этом житейски очевидном примере учащиеся могут легко понять, как важно думать над тем, в какой последовательности проверять признаки, как важно в каждом случае выбирать рациональный способ действий, они видят, что даже такое «простое» действие, как опознание человека, нужно проводить «с умом». В наше время задачи на оптимизацию являются важнейшей категорией задач, которые приходится решать людям в различных сферах производства, общественной жизни и т. п. Вот почему важно с детства приучать детей задумываться над рациональностью их действий, приучать в каждом деле, пусть даже незначительном, искать рациональное решение.

После того как учащиеся ознакомились со структурой признаков, связанных союзом **и**, и усвоили соответствующий этой структуре способ действий, учитель переходит к ознакомлению учащихся со структурой признаков, связанных союзом **или**.

У ч и т е л ь. Мы с вами видели, что признаки могут быть связаны союзом **и**, и знаем, что надо делать, чтобы распознать в этом случае предмет или явление. Но оказывается, что связь признаков союзом **и** не единственный способ связи признаков.

Представьте себе, что мы едем в один небольшой город (оттуда начинается наш туристический поход) и мои знакомые просят меня передать их родственнице — Марии Ивановне — посылку. Мы приезжаем в этот город, я звоню Марии Ивановне по телефону и сообщаю о посылке. Она говорит, что, к сожалению, у нее в квартире идет ремонт и она не может меня пригласить к себе. «Тогда давайте встретимся в 3 часа у почтамта». — «Хорошо», — отвечает Мария Ивановна. — «Но как мы друг друга узнаем?» — «Я буду в большой белой шляпе с черным пером (таких шляп ни у кого больше в нашем городе нет, я ее сделала по заказу) или в руках у меня будет синяя замшевая сумка, на которой написано: «Москва — Прага». Эту сумку мне подарил брат, который недавно вернулся из командировки в Чехословакию. Таких сумок я тоже ни у кого в нашем городке не видела».

Учитель обращается к учащимся.

У ч и т е л ь. Каковы же признаки Марии Ивановны? Выпишем их. (Признаки выписываются.)
Каким союзом их можно соединить?

У ч е н и к. Признаки можно соединить союзом **или**.

Союз вписывается, и схема приобретает такой вид:

Признаки Марии Ивановны

1) на голове белая шляпа с черным пером

или

2) в руках синяя замшевая сумка с надписью «Москва — Прага».

У ч и т е л ь. Представьте себе, что мы с вами стоим у почтамта и ждем Марию Ивановну. Мимо проходит женщина. Что мы должны делать, чтобы узнать, Мария Ивановна это или не Мария Ивановна?

У ч е н и к. Проверить, есть ли у нее признаки Марии Ивановны.

³¹⁰ Все рассуждения проводились здесь в предположении, что время проверки всех признаков одинаково. На этом или других примерах учащимся можно также показать, как влияет на выбор последовательности проверки признаков время проверки каждого признака. Эту зависимость учащиеся понимают также очень легко.

Учитель. С какого признака мы начнем?

Ученик. Начнем с первого.

Учитель. Допустим, первый признак у проходящей мимо женщины есть; она в белой шляпе с черным пером.

Ученик. Значит, это Мария Ивановна.

Учитель. Ну, а как быть со вторым признаком: надо или не надо его проверять?

Ученики говорят, что второй признак не надо проверять.

Учитель. Почему вы думаете, что второй признак проверять не надо?

Ученик. Потому что проходящая мимо женщина является Марией Ивановной, если она в белой шляпе с черным пером или в руках у нее синяя замшевая сумка с надписью «Москва — Прага». Одного признака достаточно.

Учитель. Правильно. Если признаки связаны союзом или, то для положительного вывода достаточно наличия у нее хотя бы одного из признаков. Вторым признаком уже можно не проверять. Ну, а если у проходящей мимо женщины нет белой шляпы с черным пером (т. е. нет первого признака), как нам следует поступить?

Ученик. Надо проверить, есть ли у нее второй признак: несет ли она в руке синюю замшевую сумку с надписью «Москва — Прага».

Путем беседы выясняется, что если у женщины такая сумка имеется, то, значит, это Мария Ивановна; если же нет, — это не Мария Ивановна.

Учитель. Теперь подумайте: является ли каждый из этих признаков Марии Ивановны необходимым? Обязательно ли на Марии Ивановне должна быть белая шляпа с черным пером и синяя сумка с надписью «Москва — Прага»?

Ученик. Нет, не обязательно: она может быть без шляпы или без сумки.

Учитель. Действительно, если сказано: то или другое, то совсем не обязательно, чтобы было и то и другое, хотя не исключается и случай, когда оба признака будут налицо³¹¹. А является ли каждый из признаков достаточным? Достаточно ли нам увидеть на женщине белую шляпу с черным пером или синюю сумку с надписью «Москва — Прага», чтобы сказать, что это Мария Ивановна?

Ученики говорят, что достаточно.

Здесь снова целесообразно поставить вопрос о рациональной последовательности проверки признаков. Если при проверке признаков, связанных союзом и, рациональнее начинать с более редких признаков, то при проверке признаков, связанных союзом или, рациональнее, наоборот, начинать с проверки менее редких (т. е. более вероятных) признаков. Если известно, что Мария Ивановна с к о р е е в с е г о будет в белой шляпе с черным пером, то надо прежде всего смотреть, есть ли на проходящей мимо женщине шляпа и если есть, то какая; если же известно, что Мария Ивановна с к о р е е в с е г о будет с сумкой, надо прежде всего посмотреть, что в руках у проходящей женщины. При такой «стратегии осмотра» при встрече с Марией Ивановной можно будет (весьма вероятно) «сэкономить» одну операцию.

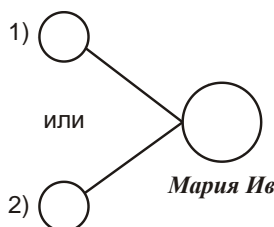
Надо сказать, что, несмотря на некоторую условность ситуации, учащиеся легко видят большой смысл, который кроется в задачах подобного рода. Они относятся к этой задаче так, как относятся ко многим интересным и в высшей степени полезным задачам, которые содержатся, например, в сборниках занимательных задач, воспринимая их с юмором и в то же время серьезно. Придуманные истории о том, как должен был ответить человек, чтобы спастись от казни, в какой последовательности надо перевозить через реку капусту, козу и волка, чтобы все они остались в целостности и т. п., учащиеся сразу воспринимают как аналог реальных жизненных ситуаций. Реальный смысл задачи на определение рациональной последовательности проверки признаков, связанных союзом или, можно раскрыть учащимся также на примерах, связанных с отысканием потерянной вещи, поиском неисправности в машине, постановкой диагноза болезни и т. п.

Далее учащиеся на основе сопоставления того, как связаны признаки Ивана Ивановича и Марии Ивановны, приходят к выводу, что каждый из признаков Ивана Ивановича является необходимым, но не является достаточным, каждый же из признаков Марии Ивановны является, наоборот, достаточным, но не является необходимым.

Затем учитель переходит к обобщению метода действий по распознаванию явлений в случае, когда их признаки связаны логическим союзом или. Для этого признаки опять изображаются в виде кружков

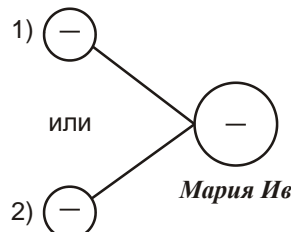
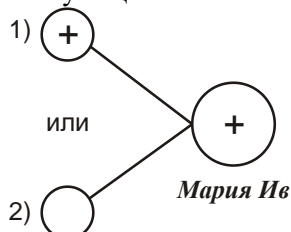
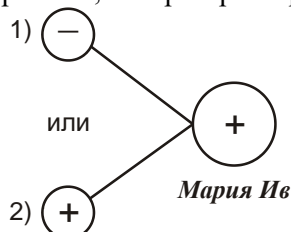
³¹¹ Здесь учитель делает небольшое отступление и анализирует с учащимися значения, в которых может употребляться союз или (строго разделительное и нестрого разделительное). На основе разбора нескольких примеров учащиеся самостоятельно делают вывод о различии «строгого» и «нестрогого» или. Однако для процесса распознавания предметов по признакам — и это учитель специально подчеркивает — обычно неважно, в каком значении употреблен союз или. Метод действий по распознаванию будет в обоих случаях одинаковым.

и на доске чертится схема³¹²:



Учитель ставит в кружочки, обозначающие признаки, плюсы и минусы, а учащиеся должны сказать, что получится в ответе (т. е. в кружочке, обозначающем Марию Ивановну).

Вот варианты, которые разбирались с учащимися:



Затем учитель подводит учащихся к формулированию порядка действий в общем виде.

Учитель. Как же мы должны действовать в тех случаях, когда признаки связаны союзом или, т. е. когда каждый из них является достаточным, но не является необходимым?

Ученик. Сначала надо проверить, есть ли у предмета первый признак. Если он у предмета есть, то мы сразу делаем вывод, что в правом кружке надо поставить плюс.

Учитель. То есть это означает, что мы нашли искомый предмет. Ну, а если первого признака нет?

Ученик. Тогда мы проверяем второй признак, и если он есть, то делаем вывод, что это то, что мы ищем.

Учитель. А если и второго признака не окажется?

Ученик. Тогда значит, это не то, что мы ищем, и в правом кружке надо поставить минус.

Учитель. Итак, в каком случае в правом кружке следует ставить знак минус?

Ученик. Когда у предмета нет ни одного из признаков, которые мы проверяем.

Учитель. Ну, а сколько признаков достаточно для положительного вывода?

Ученик. Наличие хотя бы одного признака.

Далее учитель переходит к сравнению порядка действий в случаях, когда признаки связаны союзом **и** и когда они связаны союзом **или**. Учащиеся подводятся к осознанию тех различий в характере действий, которые вытекают из различий в логических структурах признаков (в чем состоит это различие, описано выше).

После этого учащимся предлагается вспомнить признаки делимости чисел на 5, выписать эти признаки и определить, каким союзом они связаны. Составляется следующая структурная схема признаков:

Признаки делимости чисел на 5

Число делится на 5, если

1) оно оканчивается цифрой 5

или

2) оно оканчивается цифрой 0.

Затем учитель дает ряд чисел (150, 83, 15, 1066) и учащиеся должны, пользуясь этими признаками и проводя рассуждения, аналогичные вышеприведенным, определить, делятся ли эти числа на 5.

Учитель спрашивает, как связаны признаки делимости числа на 5: как признаки Ивана Ивановича или как признаки Марии Ивановны? Учащиеся отвечают, что как признаки Марии Ивановны.

³¹² Если буквами m и n обозначить признаки Марии Ивановны, а под x иметь в виду женщину, у которой проверяются признаки, то логическую структуру признаков Марии Ивановны ($M. Ив.$) можно было бы на языке логики предикатов описать так:

$$m(x) \vee n(x) \overline{Df} M. Ив(x).$$

На языке логики высказываний запись будет иметь вид:

$$m \vee n \overline{Df} M. Ив.$$

Отсюда делается вывод, что для того чтобы найти числа, которые делятся на 5, мы должны рассуждать точно так же, как рассуждали, когда искали Марию Ивановну.

Приведем рассуждение одного из учащихся. Ему было предложено определить, делится ли число 150 на 5.

Учитель. Что следует сделать, чтобы узнать, делится ли число 150 на число 5?

Ученик. Надо посмотреть, есть ли у числа 150 первый признак: оканчивается ли оно на 5. Это число не оканчивается на 5.

Учитель. Можно или нет сразу сделать отрицательный вывод?

Ученик. Нет, надо проверить второй признак: не оканчивается ли число на 0. Оканчивается. Значит, 150 делится на 5.

Учитель. Достаточно ли наличия у числа одного из наших двух признаков, чтобы сделать положительный вывод, что оно делится на 5?

Ученик. Да, достаточно,

Учитель. А теперь скажите, в каком случае число не делилось бы на 5?

Ученик. Если бы оно не оканчивалось ни на 5, ни на 0.

Учитель. Правильно. Если бы у числа отсутствовали оба признака — и признак «оканчивается цифрой 5» и признак «оканчивается цифрой 0», — оно на 5 не делилось бы.

Затем учащимся предлагается открыть учебник русского языка, выписать признаки написания слов с большой буквы и определить союз, которым эти признаки связаны. В результате учащиеся составляют следующую схему признаков.

Признаки написания слов с большой буквы

С большой буквы пишутся слова, которые

1) начинают предложения

или

2) обозначают имена, отчества, фамилии, прозвища людей

или

3) обозначают клички животных

или

4) обозначают географические названия

или

5) обозначают почетные звания СССР

или

6) обозначают названия революционных праздников и памятных дней

или

7) обозначают названия исторических событий

или

8) обозначают названия газет, журналов, литературных и музыкальных произведений³¹³.

После этого учащимся дается ряд слов и они должны, пользуясь этой схемой и рассуждая в соответствии с ней, определить, пишутся ли эти слова с большой буквы или нет.

Наконец, учитель переходит к заключительной части «логического урока» — к случаям, когда признаки имеют смешанную структуру.

Учитель. До сих пор мы с вами рассматривали признаки, которые связаны либо союзом **и**, либо союзом **или**. Но очень часто бывает, что одни признаки (или группы признаков) связаны союзом **и**, а другие признаки (или их группы) связаны союзом **или**.

Представьте себе такую ситуацию. Мой знакомый, который должен был передать мне книгу, сказал следующее:

— В ваш район должен поехать один из двух моих сотрудников: Иван Иванович или Петр Петрович. Я еще не знаю, кто поедет и кто из них передаст вам книгу, но это будет или Иван Иванович, или Петр Петрович.

И далее мой знакомый назвал мне признаки каждого из сотрудников.

³¹³ Нетрудно заметить, что 2-й, 6-й и 8-й признаки являются сложными (составными). Признаки, входящие в состав этих признаков, в свою очередь, связаны союзом **или**. Признаки, входящие в состав 6-го признака, в учебнике соединены союзом **и**, на самом деле они должны быть соединены союзом **или**.

Признаки Ивана Ивановича

1) в коричневом пальто

и

2) в серой шляпе

и

3) в руках книга

и

4) на правой щеке шрам.

Признаки Петра Петровича

1) в кожаной куртке

и

2) в синей кепке

и

3) с бородкой

и

4) в руках папка черного цвета.

Учитель. Назовем человека, который должен передать мне книгу, «посыльным». Этим посыльным может быть либо Иван Иванович, либо Петр Петрович. Выпишем признаки посыльного один под другим (признаки выписываются).

Учитель. Перед нами две группы признаков. Каким союзом связаны между собой признаки внутри каждой группы?

Ученик. Они связаны союзом **и**.

Учитель. А как связаны между собой группы признаков?

Ученик. Союзом **или**.

Союз **или** вписывается в схему, и она приобретает такой вид:

Признаки посыльного

I. 1) в коричневом пальто

и

2) в серой шляпе

и

3) в руках книга

и

4) на правой щеке шрам

ИЛИ

II. 1) в кожаной куртке

и

2) в синей кепке

и

3) с бородкой

и

4) в руках папка черного цвета.

Учитель. Как же теперь мы будем действовать, чтобы узнать, является ли проходящий мимо нас мужчина посыльным?

Ученик. Сначала мы должны посмотреть, не является ли проходящий мимо нас мужчина Иваном Ивановичем. Если да, то, значит, он посыльный.

Учитель. Ну, а если это не Иван Иванович? Можно ли в этом случае сделать вывод, что он не посыльный?

Ученик. Нельзя, ведь посыльным может быть и Петр Петрович.

Учитель. Что же нужно делать дальше?

Ученик. Надо посмотреть, нет ли у проходящего мимо человека признаков Петра Петровича. Если есть, то, значит, он посыльный, а если нет, то не посыльный.

Учитель. Итак, когда у нас признаки объединены в группы, мы прежде всего определяем, каким союзом связаны группы признаков, а потом смотрим, каким союзом связаны признаки внутри каждой группы. А затем мы действуем в соответствии с этими союзами.

Изобразим признаки кружочками и поупражняемся на схеме.

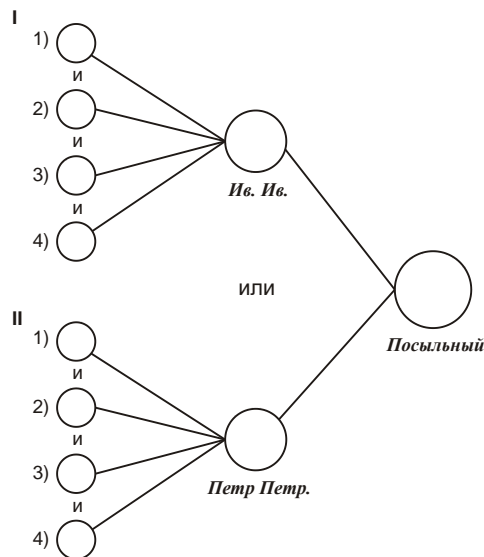
Чертится схема³¹⁴:

³¹⁴ Если буквами a, b, c, d по-прежнему обозначать признаки Ивана Ивановича, а буквами e, f, g, h — признаки Петра Петровича, то логическую структуру признаков посыльного на языке логики предикатов можно описать так:

$$(a(x) \& b(x) \& c(x) \& d(x)) \vee (e(x) \& f(x) \& g(x) \& h(x)) \overline{Df} \text{Посыльный}(x).$$

На языке логики высказываний запись будет иметь вид:

$$(a \& b \& c \& d) \vee (e \& f \& g \& h) \overline{Df} \text{Посыльный}.$$



Учитель. Итак, мы стоим в метро и ждем посыльного. Мимо нас проходит мужчина. Что мы делаем, чтобы узнать, посыльный ли это?

Ученик. Мы смотрим, есть ли у него первый признак Ивана Ивановича.

Учитель. Предположим, первый признак имеется. (В первый кружок вписывается знак плюс.) Можно ли отсюда сделать вывод, что это Иван Иванович?

Ученик. Нет, надо проверить, есть ли у проходящего мужчины второй признак.

Учитель. Допустим, что второй признак у него есть. (Во второй кружок вписывается знак плюс.) Что мы делаем дальше?

Ученик. Мы проверяем, есть ли третий признак.

Учитель. Пусть третьего признака у него нет. (Вписывается знак минус.)

Ученик. Тогда, значит, это не Иван Иванович. (В кружок над словами «Иван Иванович» также вписывается минус.)

Учитель. Надо или не надо проверять таким же образом четвертый признак Ивана Ивановича?

Ученик. Нет, не надо.

Учитель. Итак, мы установили, что проходящий мимо мужчина не Иван Иванович. Можно ли отсюда сделать вывод, что он не посыльный?

Ученик. Нет, нельзя, потому что он может быть Петром Петровичем.

Учитель. Что же надо делать дальше?

Ученик. Надо проверить, есть ли у него признаки Петра Петровича.

Учитель. Пусть первый признак Петра Петровича у проходящего мимо мужчины есть. (В кружок вписывается знак плюс.) Дальше?

Ученик. Дальше мы проверяем второй признак Петра Петровича.

Учитель. Допустим, второй признак есть. (В кружок вписывается знак плюс.) Дальше?

Ученик. Проверяем третий признак.

Учитель. Допустим, третий признак есть. (В кружок вписывается знак плюс.) Дальше?

Ученик. Проверяем четвертый признак.

Учитель. А четвертого признака нет. (В кружочек вписывается знак минус.) Какой отсюда следует вывод?

Ученик. Значит, это не Петр Петрович.

В кружок над словами «Петр Петрович» вписывается минус.

Учитель. Итак, проходящий мимо нас мужчина не Иван Иванович и не Петр Петрович. Какой же из этого можно сделать вывод: посыльный он или нет?

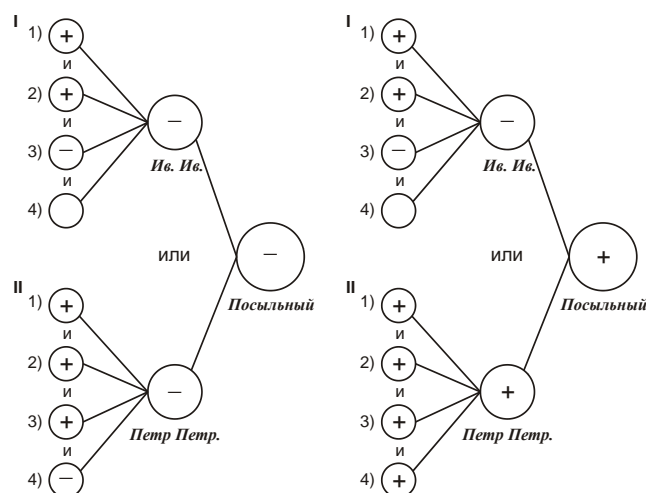
Ученик. Ясно, что он не посыльный.

В круг над словом «посыльный» вписывается знак минус.

Учитель. А теперь допустим, что у проходящего мимо нас мужчины есть и четвертый признак. (Вместо минуса в кружочек вписывается знак плюс.)

Ученик. Значит, это Петр Петрович и он посыльный.

Минусы в кругах над словами «Петр Петрович» и «посыльный» меняются на плюсы. Схемы имеют такой вид:



Учащимся можно давать и другие данные, и они должны делать соответствующие выводы.

Логическая структура признаков посыльного представляет собой дизъюнкцию конъюнкций. Очень полезно дать учащимся для анализа также явления, структура признаков которых представляет собой конъюнкцию дизъюнкций, а также дизъюнкцию из членов, одни из которых составные (соединены союзом и), а другие простые и, наконец, то же — для дизъюнкции конъюнкций.

Упражнения на схемах, выражающих смешанную структуру признаков, имеют особенно большое значение, так как признаки многих грамматических и других явлений имеют именно смешанную структуру признаков.

После того как тренировка на схемах заканчивается и учащиеся получают обобщенное представление о структуре операций при смешанной структуре признаков, учитель подводит итог.

У ч и т е л ь . Мы с вами на ряде примеров видели, что правильно распознать какие-либо предметы или явления можно только тогда, когда знаешь их признаки и умеешь установить, какими союзами они связаны. От того, какими союзами связаны признаки, зависит способ действий по распознаванию этих предметов и явлений. В дальнейшем мы будем изучать различные грамматические явления, и, чтобы научиться безошибочно их распознавать, отличать одно от другого, грамотно писать, мы будем всегда:

- 1) выявлять признаки этих явлений,
- 2) определять, какими союзами признаки связаны,
- 3) составлять схему признаков,
- 4) в зависимости от характера схемы (способа связи изображенных на ней признаков) определять, как надо при распознавании соответствующих явлений действовать³¹⁵.

Такой порядок разбора, анализа явлений не зависит от того, с каким явлением мы имеем дело. Мы придерживались этого порядка и когда нам нужно было определить последовательность действий для распознавания Ивана Ивановича и Марии Ивановны, и когда нам нужно было определить, является ли углом рассматриваемая геометрическая фигура, является ли прилагательным данное слово и т. д. Этот порядок является, таким образом, о б щ и м, он применим к самым р а з н о о б р а з н ы м предметам и явлениям.

Когда в ходе разбора различных явлений мы составляли схемы их признаков, мы заметили, что самые разные явления могут иметь одинаковые схемы признаков. Из этого вытекает, что и характер действий по их распознаванию должен быть одинаковым. Например, признаки Ивана Ивановича, угла и прилагательного были связаны союзом и и характер действий по их распознаванию был одним и тем же. То же касается и признаков Марии Ивановны, признаков делимости чисел на 5 и признаков написания слов с большой буквы, где связь признаков союзом или определяет другой характер действий по распознаванию, но также одинаковый для всех рассмотренных явлений. Сказанное имеет силу и для тех случаев, когда признаки различных явлений связаны союзом и, а их группы союзом или, и наоборот. Именно так у нас были связаны признаки посыльного.

³¹⁵ Четко формулируя перед учащимися данную последовательность действий, учитель раскрывал перед ними о б щ и й м е т о д подхода к различным явлениям, в том числе грамматическим, общий план изучения различных тем. Надо заметить, что наличие общих методов подхода к различным явлениям, общих сторон в изучении различных тем обуславливает общность методики обучения этим темам, дает возможность выработать определенный о б щ и й м е т о д о б у ч е н и я методам мышления. В дальнейшем на примере изучения различных тем мы покажем эти общие черты в методике обучения, эту общность педагогических действий, педагогических операций при обучении различным темам.

Из всего этого следует один важный вывод, который многие из вас уже сделали: явления, которые мы разбираем, задачи, которые перед нами возникают, могут быть разными, а способ, или, как иногда говорят, метод действий, способ (метод) рассуждения одинаковым. И это зависит не от содержания признаков явлений (это могут быть и признаки людей и признаки вещей, признаки математических фигур, чисел, признаки слов и т. д.), а от того, как эти признаки связаны, каково их строение. Во всем этом мы еще не раз убедимся при изучении различных разделов нашего курса.

Мы воспроизвели основные фрагменты «логического урока». Рассмотрим некоторые вопросы, связанные с содержанием и методикой его проведения³¹⁶.

Обучение учащихся методам распознавания явлений осуществлялось, как мы помним, на примере распознавания условных лиц — Ивана Ивановича и Марии Ивановны. И только после того как учащиеся на примерах усвоили метод действий, им предлагались математические и грамматические задачи, требовавшие для своего решения применения того же метода.

Возникает, однако, вопрос: а надо ли учить учащихся методу рассуждения на примере условных лиц? Не лучше ли сразу взять какой-то грамматический или другой учебный материал и на нем провести соответствующую работу?

На этот вопрос надо ответить отрицательно. И вот почему.

Одним из основных положений дидактики является положение о том, что в процессе обучения чрезвычайно важно опираться на жизненный опыт учащихся. Новые знания усваиваются тем легче и быстрее, чем больше они связаны с жизненным опытом учеников.

В настоящее время показано, что если у учащихся в той или иной области нет личного опыта, на который можно было бы опереться при введении новых знаний, то в ряде случаев целесообразно до введения этих знаний такой опыт специально создать. Для этого надо провести некоторые виды практических работ (см. например: [562], [601], [784], [860]).

Однако, говоря о необходимости опираться на жизненный опыт учащихся, в дидактике, психологии и методике обычно имеют в виду лишь з н а н и я , имеющиеся у учащихся (например, при введении понятия о смежных углах рекомендуют использовать знания учащихся о смежных комнатах [641]; при введении понятия об инерции — использовать знания о том, что происходит, когда идущий трамвай вдруг резко затормозит, и т. п.). Использовать понятия и представления, сложившиеся у учащихся, очень важно, но, думается нам, недостаточно.

Есть еще одна сфера опыта, которая могла бы быть успешно использована в обучении, — это собственно л о г и ч е с к и й опыт, опыт рассуждений, опыт осуществления определенных мыслительных операций, который складывается в процессе решения житейских и иных практических задач.

В связи с этим мы полагаем, что требование опираться на опыт учащихся следует понимать более широко. При введении новых знаний и при ознакомлении учащихся с определенными

методами рассуждения надо опираться не только на опыт, воплощенный в знаниях учащихся, но и на имеющийся у них опыт логического мышления, т. е. на те мыслительные операции и их системы, которые сложились у них в ходе жизни и учения, но которые они часто не осознают.

В нашем эксперименте апелляция к жизненному опыту учащихся и представляла собой апелляцию к их логическому опыту (где это было возможно, мы опирались и на опыт, воплощенный в знаниях), что осуществлялось в ходе разбора задач на распознавание условных лиц — Ивана Ивановича и Марии Ивановны. С задачами распознавания учащиеся постоянно встречаются в жизни, и несомненно, что в ходе их решения у них складываются навыки осуществления определенных логических действий, которые важно уточнить и обобщить, сделать предметом осознания, поднять до уровня некоторого достаточно общего метода.

Надо при этом сказать, что совсем не обязательно эту работу проводить на Примере распознавания людей. Можно поставить перед учащимися задачу на распознавание какого-то предмета (автомобиля определенной марки, дома и т. п.). Учительница Г., проводившая экспериментальные уроки в одном из экспериментальных классов, поставила перед учащимися задачу в такой форме: во время войны в фашистском тылу должны были встретиться два советских разведчика. Что каждый из них должен знать о другом, чтобы они могли друг друга узнать³¹⁷? Можно придумать множество и других ситуаций.

³¹⁶ Более общо: связанные с проведением работы, подобной той, которая имела место на «логическом уроке». Мы выше говорили, что при правильной постановке обучения методам логического мышления, начиная с начальных классов, в проведении специального «логического урока» надобности может и не быть, но работу такую надо проводить на обычных уроках.

³¹⁷ Надо сказать, что такая форма постановки задачи вызвала столь большое оживление в классе и так много побочных ассоциаций, что это в какой-то мере заслонило логический смысл задачи. Используя занимательность, очень важно соблюдать меру. В этом отношении ситуация с Иваном Ивановичем и Марией Ивановной кажется

Использование в ходе «логического урока» задач из различных предметных областей (задач житейских, математических, грамматических) имело своей целью **максимально обобщить методы мышления** (рассуждения), которые учащиеся усвоили в процессе разбора задач с Иваном Ивановичем и Марией Ивановой. Чем более разнообразным будет материал, используя который учитель показывает применимость того или иного метода, тем этот метод будет осознаваться как более общий³¹⁸. Нам думается даже, что особенно большое значение для формирования: широких и глубоких обобщений имеет использование не просто разнообразного материала, но именно материала из наиболее отдаленных и на первый взгляд не связанных между собой предметных областей. Таким материалом, использованным в экспериментальном обучении, были, житейские, математические и грамматические явления, между которыми до обучения учащиеся не видели связи.

Постоянное сопоставление при проведении «логического урока» житейских, математических и грамматических явлений должно показать учащимся, что у самых разных явлений могут быть общие, сходные структуры признаков. Именно поэтому метод подхода к **различным явлениям** может быть одинаковым, общим. Именно поэтому методы мышления могут переноситься с одного содержания на другое. Осознание того факта, что различные на первый взгляд задачи (например, задача узнавания Ивана Ивановича, задача определения, какой частью речи является данное слово, и т. д.) требуют одного и того же способа рассуждения, было для учащихся большим и неожиданным открытием, и мы старались их к этому открытию подвести.

Таким образом, работа, проделанная на «логическом уроке», дала возможность не только обучить учащихся некоторым общим принципам подхода к различным по своему содержанию явлениям, общим методам их анализа, но и поставила перед ними некоторые вопросы, так сказать, методологии мышления. Нам кажется, что такие вопросы в доступной для учащихся форме надо в школе ставить, и как можно раньше. Это важно не только для поднятия общей культуры учащихся, их общего развития, но и непосредственно для практики их мышления.

Перейдем теперь к обоснованию содержания и методики обучения отдельным грамматическим темам и изложению хода уроков по этим темам.

Мы не будем описывать весь ход изучения каждой темы, ограничившись описанием только тех частей уроков, где учащиеся знакомились с признаками грамматических явлений, составляли схемы признаков, определяли последовательность действий по распознаванию явлений — алгоритмы — и затем тренировались в применении этих алгоритмов. Наша задача состояла в том, чтобы добиться максимальной самостоятельности учащихся на каждом из этапов работы, создать такие условия обучения, когда бы учащиеся в процессе практических языковых действий сами добывали все необходимые знания и делали все необходимые выводы.

Если применение некоторого алгоритма к решению задачи не является творческим процессом, то анализ грамматических явлений, вычленение их признаков, установление их структуры и зависящей от нее структуры операций — это, в психологическом плане, процессы в значительной мере творческие. Большое внимание, которое уделялось в экспериментальном обучении формированию у учащихся умения самостоятельно строить алгоритмы решения тех или иных задач, имело целью воспитать у них именно творческие способности.

нам более удачной. Как показал опыт, логический урок, построенный на примере распознавания Ивана Ивановича и Марии Ивановны, вызывает у учащихся очень большой интерес, но интерес этот связан не с внешней занимательностью разбираемой ситуации (в самой ситуации ничего интересного нет), а именно с самой задачей, с ее логическим содержанием.

³¹⁸ Для правильного формирования понятий имеет большое значение варьирование наглядного материала (см. например, работы Н. А. Менчинской и ее сотрудников: [543], [643], [647], [648], [717], [737] и др.). Если это варьирование не проводится, то понятия, как показали эти авторы, не обладают достаточной степенью общности, в них нередко включаются несущественные признаки. Несомненно, однако, что варьирование имеет значение не только для формирования понятий, но и для формирования умственных операций и вообще методов мышления. Таким образом, значение варьирования, **по-видимому**, более широкое. (По этому вопросу существует, однако, другая точка зрения (П. Я. Гальперина). Согласно этой точке зрения, если формировать понятия на основе поэтапного формирования действий, то варьирования несущественных признаков не требуется; учащиеся в этом случае ориентируются только на существенные признаки. Утверждение П. Я. Гальперина не вызывает сомнений. Можно, однако, думать, что варьирование несущественных признаков тем не менее крайне полезно, так как способствует установлению **рядых связей** между образами предметов и действиями с ними и формированию **непосредственных обобщений**, что весьма важно для автоматизации умственных действий и выработки навыков. Несомненно, что можно формировать правильные понятия и без варьирования несущественных признаков, но также несомненно, что формирование этих понятий пойдет быстрее и легче, если поэтапно отрабатывать действия на варьируемом наглядном материале.)

§ 1. ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ³¹⁹

Данные в учебнике русского языка для средней школы [532] определения четырех видов простых предложений страдали (и частично страдают) рядом недостатков.

Рассмотрим последовательно эти определения.

«Личными предложениями,— говорилось в учебнике,— называются такие, которые состоят из подлежащего и сказуемого или из одного сказуемого, которое своими окончаниями ясно указывает на подлежащее (местоимения *я, мы, ты, вы*)».

Прежде всего о названии этого вида предложений. Предложения, имеющие указанные признаки, названы личными. Это неправильно ни с логической, ни с дидактической точек зрения. Как известно, существует другой вид предложений — неопределенно-личные. При этих условиях первый вид предложений естественно называть определенно-личными. Понятие личного предложения, если его употреблять, является родовым по отношению к понятиям определенно-личного и неопределенно-личного предложений, которые выступают по отношению к нему как видовые. Можно сказать, что личные предложения делятся на два вида: определенно-личные и неопределенно-личные. Это логически правильно и сразу создает верное представление о взаимоотношении видов предложений. В школьном же учебнике родовым словом «личное предложение» был назван лишь один из видов личного предложения. В программе, составленной для экспериментального обучения, этот недостаток был исправлен и предложения, названные в учебнике личными, были названы определенно-личными³²⁰.

Далее. Определенно-личные предложения с подлежащим и без подлежащего — это несомненно два типа (или две разновидности) определенно-личных предложений (ведь каждый из них имеет свои специфические признаки). На это целесообразно указать учащимся, соответствующим образом эти типы (или разновидности) назвав. Мы назвали их определенно-личными предложениями I типа и определенно-личными предложениями II типа.

Далее. Об определенно-личных предложениях I типа (по нашей терминологии) в учебнике было сказано, что «личными предложениями называются такие, которые состоят из подлежащего и сказуемого». Сказано неудачно, двусмысленно: можно понять так, что определенно-личные предложения состоят только из подлежащего и сказуемого. Лучше сказать, что в определенно-личных предложениях «есть и подлежащее, и сказуемое». Этой формулировки мы и будем придерживаться в дальнейшем.

Далее. В определении определенно-личных предложений II типа признак «нет подлежащего» в явном виде не указан (в определении сказано: «состоят из одного сказуемого»). Для того чтобы создать у учащихся совершенно четкое понимание логической структуры признаков определенно-личного предложения II типа, надо этот признак указать явно. Тогда сразу будет ясно, что в определенно-личных предложениях I типа подлежащее есть, а в определенно-личных предложениях II типа подлежащего нет.

Неудачно, далее, сформулирован второй признак определенно личного предложения II типа: «состоит из сказуемого, которое своими окончаниями ясно указывает на подлежащее (местоимения *я, ты, мы, вы*)». Признак сформулирован так, что для его выявления необходимо мысленно вставить в пред-

³¹⁹ Недостатки определений школьного учебника [532], о которых пойдет речь в этом параграфе, были в основных чертах проанализированы в нашей статье [271] в 1961 г. В вышедшем после этого в 1962 г. новом стереотипном (и действующем в настоящее время) издании учебника [533] указанные недостатки были в значительной мере устранены. В этом параграфе мы, однако, будем обращаться не только к определениям, имеющимся в новом стереотипном издании учебника, но и к определениям, имевшимся в предыдущем (стереотипном) издании, и даже в большей мере именно к этим последним. Это связано как с тем, что в период построения методики экспериментального обучения и проведения этого обучения действовало предыдущее издание учебника, так и с тем, что анализ недостатков, имевшихся в определениях предыдущего издания, представляет самостоятельный теоретический интерес. Надо отметить и то, что некоторые из этих недостатков не устранены и в последнем стереотипном издании. Следует, однако, подчеркнуть, что основная задача этого и аналогичных параграфов состоит не в том, чтобы проанализировать тот или иной конкретный отдельный учебник или те или иные конкретные отдельные недостатки в методике обучения, а в том, чтобы выявить некоторые общие закономерные связи между способами обучения и способами усвоения и наметить пути иного подхода к построению некоторых аспектов методики обучения, пути, отличающиеся от наиболее распространенных на сегодняшний день в практике. Конкретные же недостатки в определениях и в методике обучения — лишь исходный пункт и в определенном смысле повод для постановки интересующих нас проблем.

³²⁰ В последнем стереотипном издании учебника [533] все указанные в этом! абзаце недостатки устранены.

ложение одно из подлежащих *я, ты, мы, вы*. Между тем эта операция лишняя. Можно указать непосредственный признак сказуемых, характерных для определенно-личных предложений II типа: они выражены: глаголами 1-го или 2-го лица (изъявительного наклонения)³²¹. Этот признак мы и приняли в качестве признака определенно-личных предложений II типа.

Итак, признаки определенно-личных предложений можно сформулировать так³²²:

**Признаки определенно-личных
предложений I типа**

1) есть подлежащее

и

2) есть сказуемое.

**Признаки определенно-личных
предложений II типа**

1) нет подлежащего

и

2) сказуемое выражено глаголом 1-го или 2-го лица³²³.

Если обозначить признак³²⁴ «есть подлежащее» буквой *a*, признак «есть сказуемое» буквой *b*, признак «сказуемое выражено глаголом 1-го или 2-го лица» буквой *c*, класс определенно-личных предложений буквами *0-л*, а под *x* иметь в виду некоторое предложение, то логическую структуру признаков определенно-личного предложения можно символически описать так:

$$(a(x) \& b(x)) \vee (\bar{a}(x) \& c(x)) \overline{Df} \ 0-л(x).$$

На языке логики высказываний это же самое можно записать так:

$$(a \& b) \vee (\bar{a} \& c) \overline{Df} \ 0-л.$$

Перейдем теперь к анализу признаков неопределенно-личного предложения. Последнее определялось в учебнике следующим образом: «Неопределенно-личным предложением называется предложение с таким сказуемым, которое относится ко всем лицам вообще или к неопределенному количеству лиц». На основные недостатки этого определения в свое время совершенно правильно указала А. М. Орлова [736]. Она отметила, что в этом определении не указан важнейший, признак неопределенно-личного предложения, а именно что в нем нет подлежащего³²⁵. Под признак же «сказуемое относится ко всем лицам вообще или к неопределенному количеству лиц» при отсутствии признака «в предложении нет подлежащего»³²⁶ вполне подходят определенно-личные предложения типа *Басни Крылова читали все* (сказуемое относится ко всем лицам) и *Полочку для книг сделали сами* (сказуемое относится к неопределенному количеству лиц). Применяя указанное в учебнике определение к этим предложениям, мы неизбежно придем к ошибке.

Укажем еще на два существенных недостатка этого определения.

Один из них был отмечен выше (см. стр. 194), при разборе предложения *Меня сегодня вызывали по арифметике, поставили «четверку»* (фраза, которую говорит мальчик, придя из школы). Если следовать данному в определении признаку «сказуемое относится ко всем лицам вообще или к неопределенному количеству лиц», то это предложение неопределенно-личным назвать нельзя (ведь вызывал мальчика совершенно определенный человек — учитель арифметики), между тем это предложение является неопределенно-личным.

Другой недостаток состоит в следующем. В школьном учебнике, к неопределенно-личным пред-

³²¹ В последнем стереотипном издании учебника этот признак так и сформулирован. В определении учебника указано также на то, что сказуемые могут быть выражены и глаголами повелительного наклонения. В дальнейшем мы будем иметь этот признак в виду, но, чтобы не загромождать схему, писать его не будем, тем более что значительная часть глаголов повелительного наклонения имеет окончания глаголов 1-го или 2-го лица.

³²² Заметим, что, приводя здесь и далее признаки видов простых предложений, мы не ставим своей задачей дифференцирование неполных предложений от полных. Такая задача возникнет в дальнейшем, и соответствующие признаки будут приведены в конце следующего параграфа. Пока же указываются признаки лишь для распознавания видов полных предложений.

³²³ Поскольку признак «сказуемое выражено глаголом 1-го или 2-го лица» включает в себя признак «есть сказуемое», мы этот последний признак в структурную схему признаков здесь включать не будем. Так мы будем поступать и в дальнейшем, если признак «есть сказуемое» будет включаться в какой-либо другой признак, хотя можно было бы, как мы сделали это в предыдущем разделе книги, включить этот признак в формулу и в явном виде. Обе формулы являются правомерными и одинаково правильными.

³²⁴ Точнее, высказывание о признаке, но здесь, как и выше, мы для краткости будем говорить просто «признак».

³²⁵ В последнем стереотипном издании учебника этот недостаток устранен, хотя о признаке «нет подлежащего» сказано не прямо, а косвенно («неопределенно-личными называются предложения с одним главным членом — сказуемым...»).

³²⁶ Заметим кстати, что формулировка учебника «сказуемое относится к лицам» неточная. Сказуемое не может относиться к лицам, оно может относиться или не относиться к слову-подлежащему, обозначающему лиц.

ложениям отнесены предложения типа *Без труда не вынешь и рыбку из пруда*. Это, однако, также неправильно. Эти предложения являются обобщенно-личными (см. «Грамматика русского языка», т. II, Синтаксис, М., изд-во АН СССР, 1954). Отнесение этих предложений к неопределенно-личным (что сделано, очевидно, в целях сокращения количества видов предложений, которые должны изучать учащиеся) ничего, кроме путаницы, в головах учеников вызвать не может, так как в основе включения одного вида в другой лежит игнорирование как объективной логики грамматических явлений, так и психологии усвоения. Сформулировать точные признаки, которые бы дали возможность отличать одни виды предложений от других, при таком подходе невозможно.

В экспериментальном обучении мы отказались от такого смешения грамматических явлений и предложения типа *Без труда не вынешь и рыбку из пруда* (т. е. обобщенно-личные) из числа неопределенно-личных исключили.

Возникает вопрос, следует ли вообще изучать обобщенно-личные предложения в школе. Решение его требует специального обсуждения, но, исходя из того, что предложения этого вида встречаются сравнительно редко и что знание признаков этого вида предложений не имеет для учащихся большого теоретического и практического значения, мы обобщенно-личные предложения с учащимися не изучали. Поступить иначе — значило бы пойти на расширение существующей программы, в которой темы «Обобщенно-личные предложения» нет.

Недостатки в раскрытии понятия неопределенно-личного предложения в учебнике приводят к большим трудностям в усвоении этого вида предложений учащимися и к большому количеству ошибок. В уже упомянутой работе А. М. Орловой приведены многие из этих ошибок. Наши данные целиком совпадают с данными А. М. Орловой.

Так, например, типичными являлись ошибки, когда определенно-личные предложения типа *В дверь кто-то постучал*, *Некоторые не умеют плавать* учащиеся считали неопределенно-личными, обосновывая это тем, что «сказуемое относится к неопределенному количеству лиц». С другой стороны, многие учащиеся часто считают неопределенно-личные предложения безличными. Так как признак «нет подлежащего» в явной форме был указан только в определении безличного предложения, то предложения, в которых нет подлежащего, эти учащиеся не без основания относили к безличным предложениям.

Можно сформулировать следующие признаки неопределенно-личных предложений, которые устраняют отмеченные недостатки и трудности.

Признаки неопределенно-личных предложений

1) нет подлежащего

и

2) сказуемое выражено глаголом 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе)³²⁷.

Если обозначить признак «есть подлежащее», как и раньше, буквой *a*, признак «сказуемое выражено глаголом 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе)» буквой *d*, а класс неопределенно-личных предложений буквами *H-л*, то логическую структуру признаков неопределенно-личного предложения можно символически описать так:

$$\overline{a(x)} \& \overline{d(x)} \overline{df} H-л(x).^{328}$$

Формулируя признаки неопределенно-личных предложений, мы исходили из того, что обобщенно-личные предложения в класс неопределенно-личных не включаются. Если же признать необходимым изучение в школе обобщенно-личных предложений, то тогда в приведенную выше схему надо включить дополнительный признак. Особенность обобщенно-личных предложений состоит в том, что по своим формально-грамматическим свойствам они могут походить и на определенно-личные предложения I типа (*Охотно мы дарим, что нам не надобно самим*), и на определенно-личные предложения II типа (*На чужой роток не накинешь платок*), и на неопределенно-личные предложения (*Цыплят по осени считают*). Специфическим же признаком обобщенно-личных предложений является то, что глагол обозначает действие, которое «в равной мере относится или может быть отнесено ко всякому, любому лицу» («Грамматика русского языка», т. II, ч. 2, М., изд-во АН СССР, 1954).

Надо сказать, что предлагаемый в «Грамматике русского языка» признак не вполне удачный, так как не

³²⁷ Эти признаки отличаются от признаков, использованных А. М. Орловой в обучающем эксперименте. А. М. Орлова [736] пишет: «Для неопределенно-личных предложений мы считали существенным усвоение двух факторов: неопределенность мыслящегося действующего лица и отсутствие его наименования в тексте разбираемого предложения. Первый из этих факторов отмечен в определении, данном в учебнике, указание же на второй в нем отсутствует. Чтобы не делать определение громоздким и поэтому трудным для запоминания, мы изменений в него не внесли, но поставили своей задачей постоянно фиксировать внимание детей на втором из указанных выше факторов».

³²⁸ Или на языке логики высказываний: $\overline{a} \& \overline{d} \overline{df} H-л(x)$.

позволяет отличить обобщенно-личные предложения от некоторых определенно-личных предложений, в которых, подлежащее обозначает общие классы предметов. Например, в определенно-личном предложении *Все люди дышат легкими* глагол обозначает действие, которое «в равной мере относится или может быть отнесено ко всякому, любому лицу». Несомненно, однако, что при необходимости можно найти признак обобщенно-личного предложения, который позволит отличить обобщенно-личные предложения типа *Охотно мы дарим, что нам не надобно самим* от определенно-личных предложений типа *Все люди дышат легкими*.

Переходим к анализу признаков безличного предложения. Напомним, как оно определяется в школьном учебнике: «Безличным называется предложение с таким сказуемым, при котором нет и не может быть подлежащего». Мы уже говорили о том, что второй из указанных признаков, является неоднозначным (стр. 178). Ряд учащихся безличные предложения типа *Слепит глаза, Грузовик бросает на ухабах* и т. п. считают личными, так как, говорят они, в них можно вставить подлежащее: *Свет слепит глаза, Какая-то сила бросает грузовик на ухабах*. Кроме того, как мы покажем дальше, признак «подлежащего быть не может» вообще не является отличительным по отношению к безличным предложениям, так как подлежащего быть не может и в неопределенно-личных предложениях. Введение в неопределенно-личное предложение какого-либо подлежащего меняет его смысл, превращает его в предложение другого вида. Следовательно, признаки «подлежащего нет и быть не может» характерны не только для безличных, но и для неопределенно-личных предложений. Различие между этими видами предложения следует искать не в том, может или не может в них быть подлежащее, а в том, чем выражено в них сказуемое (при отсутствующем подлежащем).

Таким образом, второй признак безличного предложения можно сделать более однозначным, если исходить из способа выражения сказуемого. Безличные предложения — третий вид простых предложений, в которых нет подлежащего (после определенно-личных II типа и неопределенно-личных предложений). Если в определенно-личных предложениях II типа сказуемое выражено глаголами 1-го или 2-го лица, в неопределенно-личных — глаголами 3-го лица множественного числа, то в безличных предложениях оно может быть выражено различными другими формами, кроме глаголов в указанных лицах и числах.

Поэтому можно сформулировать такие признаки безличных предложений:

Признаки безличных предложений

1) нет подлежащего

и

2) сказуемое выражено любой частью речи, кроме глаголов 1-го и 2-го лица, а также глаголов 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголов во множественном числе)³²⁹.

Если обозначить второй признак безличного предложения через отрицание признаков *c* и *d*, а класс безличных предложений через *Безл*, то тогда логическую структуру признаков безличного предложения можно описать так:

$$\overline{a(x)} \& \overline{c(x)} \& \overline{d(x)} \overline{Df} \text{ Безл } (x).^{330}$$

Обратимся к признакам назывного предложения. В учебнике [533] дано такое определение назывного предложения: «Назывные предложения — это такие, которые имеют один главный член — подлежащее». В этом определении второй признак назывного предложения («нет сказуемого») в явном виде не указан. Чтобы дать учащимся точное понятие о логической структуре признаков назывного предложения, их можно сформулировать так:

Признаки назывных предложений

1) есть подлежащее

и

2) нет сказуемого³³¹.

³²⁹ Второй признак в случае необходимости (если для каких-то учащихся он будет в такой формулировке трудным) можно расчленить на составляющие его более элементарные признаки: есть сказуемое, и оно не выражено глаголом 1-го или 2-го лица, и оно не выражено глаголом 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе). Из сказанного в главе II об относительности понятия элементарной операции ясно, что степень членения (дробления) признаков в разных случаях может быть разной и определяется, в конечном счете, уровнем развития знаний и умений учащихся.

³³⁰ Чтобы все признаки не были отрицательными, в формулу целесообразно было бы в этом случае в явном виде включить признак «есть сказуемое», который содержится в словах: «сказуемое выражено любой частью речи, кроме...» Тогда запись приобретет вид: $\overline{a(x)} \& b(x) \& \overline{c(x)} \& \overline{d(x)} \overline{Df} \text{ Безл } (x)$.

Или на языке логики высказываний: $\overline{a} \& b \& \overline{c} \& \overline{d} \overline{Df} \text{ Безл } (x)$.

³³¹ Мы не касаемся ведущихся в лингвистике споров о том, чем является главный член назывного предложения

Если признак «есть сказуемое» по-прежнему обозначать буквой b , а класс назывных предложений обозначить через $Наз$, то логическую структуру признаков назывного предложения можно символически описать так:

$$a(x) \& \overline{b(x)} \overline{Df} Наз(x).^{332}$$

Алгоритм распознавания видов простых предложений приведен в главе XII.

Исходя из задач формирования рационального алгоритма распознавания видов простых предложений, мы приняли следующий порядок их изучения: определенно-личные предложения I типа, назывные предложения, определенно-личные предложения II типа, неопределенно-личные, безличные.

Основные задачи, которые ставились перед экспериментальным обучением, можно сформулировать так:

1) подвести учащихся к самостоятельному выявлению «хороших» признаков видов простых предложений и к определению их логической структуры (т. е. сформировать понятие о видах простых предложений);

2) научить их распознавать отдельные виды простых предложений, исходя из логической структуры признаков каждого вида;

3) подвести учащихся к самостоятельному формулированию общего метода (алгоритма) распознавания видов простых предложений и сформировать на основе этого алгоритма рациональный навык распознавания.

Каждая из этих дидактических задач в процессе обучения разбивается на более элементарные дидактические задачи. Каждая из этих последних представляет собой указание цели, которую надо достичь в результате осуществления данного этапа обучения, т. е. тех психических процессов (знаний, умений, навыков), которые надо сформировать в итоге обучения на этом этапе, исходя из определенных условий обучения. Прежде чем определить метод решения дидактической задачи, т. е. педагогические действия, которые надо произвести, чтобы достичь поставленной цели, получить нужный результат, необходимо определить те операции, которые ученик должен осуществлять для того, чтобы нужный процесс сформировался. Только после этого можно определить метод решения поставленной дидактической задачи, те педагогические действия, которые нужно произвести педагогу, чтобы «вызвать» у ученика нужные операции.

Описание хода обучения в связи с этим целесообразно построить так. Все описание должно быть разбито на отдельные этапы (или шаги). Каждый этап должен включать в себя указание того, какая дидактическая задача была поставлена на данном этапе и как она решалась. Перед тем как приводить соответствующий фрагмент урока, надо, следовательно:

а) четко сформулировать дидактическую задачу (т. е. точно указать, что надо получить в результате обучения на данном этапе, какие знания, умения и навыки надо сформировать у учащихся);

б) указать те мыслительные и другие операции (будем их условно называть общим словом «психологические операции»), которые должен произвести ученик, чтобы у него сформировались нужные знания, умения и навыки;

в) указать те действия — педагогические операции, — которые должен произвести учитель, чтобы «вызвать» у ученика нужные психологические операции и таким образом решить поставленную на данном этапе дидактическую задачу. Если производимые учителем операции рассматривать как элементарные и если имеется возможность указать определенную последовательность этих операций, то можно говорить об алгоритме решения дидактической задачи (т. е. алгоритме обучения на данном этапе).

Поскольку, однако, такая подробная характеристика дидактических задач каждого этапа и алгоритмов их решения заняла бы слишком много места и затруднила бы целостное восприятие хода уроков, мы дадим подробное обоснование каждого этапа обучения лишь для первой подтемы: «Определенно-личные предложения I типа. Назывные предложения»³³³.

- подлежащим или сказуемым, а исходим при формулировании признаков из определения школьного учебника.

³³² Или на языке логики высказываний: $a \& \overline{b} \overline{Df} Наз$.

³³³ Уроки, которые будут описаны ниже, велись обычным, непрограммированным методом (метод программированного обучения во время проведения эксперимента еще не получил в нашей стране распространения), но весь ход обучения был строго рассчитан, спрограммирован в широком смысле слова. Изучение каждой темы было разбито на ряд этапов («шагов»), установлена их последовательность, точно определена дидактическая задача каждого этапа и алгоритм решения этой задачи, выявлены те операции, которые нужно сформировать у

§ 2. ОПИСАНИЕ ХОДА УРОКОВ (ОСНОВНЫЕ ФРАГМЕНТЫ)

1. Определенно-личные предложения I типа. Назывные предложения.

Обычно в школах изучение этих видов предложений разделено во времени, их проходят вне непосредственного сопоставления друг с другом, причем назывные предложения изучаются последними. Анализ видов предложений с точки зрения общности и различия их признаков подсказывает другую логику изучения всей этой темы. Во-первых, назывные предложения целесообразно изучать не в конце этого раздела, а в начале. Во-вторых, виды предложений целесообразно изучать не по отдельности, а вводить некоторые из них сразу, в сопоставлении друг с другом. Это не только экономит значительное время (через 7—10 минут учащиеся уже знакомы с признаками двух видов предложений из четырех), но и дает возможность глубже и легче осознать общие и отличительные черты различных видов предложений.

1-й этап

Дидактическая задача: добиться самостоятельного выделения учащимися общих и отличительных признаков двух объектов (в данном случае двух видов предложений: определенно-личных I типа и назывных)³³⁴.

Психологические операции, которые должны произвести учащиеся³³⁵:

1. Сопоставление конкретных объектов (в данном случае предложений двух указанных видов).
2. Выделение общих и отличительных признаков этих объектов (в данном случае предложений).

Педагогические операции, которые должен произвести учитель³³⁶:

1. Экспонирование учащимися для сравнения двух объектов (в данном случае двух предложений, имеющих признаки $a \& b$ и $a \& \bar{b}$) — операция *A*.
2. Постановка вопроса: «Что между объектами (предложениями) общего?»³³⁷ — операция *B*.

3. Постановка вопроса: «Чем данные объекты (в нашем случае: два предложения) отличаются друг от друга?» — операция *C*.

4. Сообщение учащимся общих признаков этих объектов (двух предложений упомянутых выше видов предложений) — операция *D*.

5. Сообщение учащимся отличительных признаков этих объектов (предложений рассматриваемых видов) — операция *E*.

Данные педагогические операции можно рассматривать как операторы алгоритма обучения. Но для построения алгоритма обучения нужно еще выделить условия (так называемые логические усло-

учащихся, чтобы достичь поставленной на данном этапе цели, и т. д.

³³⁴ Здесь и далее дидактическая задача будет формулироваться как общая дидактическая задача, которая может возникать (и возникает) не только при изучении данной конкретной темы, но и при изучении других тем и предметов. Такой, например, является задача добиться самостоятельного выделения учащимися общих и отличительных признаков двух объектов. Эта задача возникает и при изучении русского языка, и при изучении математики, физики, химии, биологии и других учебных предметов. Она поэтому может иметь общие методы решения, общие алгоритмы независимо от того, каким содержанием приходится оперировать при решении этой задачи, в какой конкретной форме она в том или ином случае выступает (надо ли выделить общие и отличительные признаки двух предложений, или двух геометрических фигур, или двух химических веществ, двух растений и т. д.). Поскольку общая дидактическая задача и общие операции, посредством которых она решается, выступают всегда в той или иной конкретной форме, мы эту форму будем специально указывать в скобках. Так, сформулировав дидактическую задачу 1-го этапа — добиться самостоятельного выделения учащимися общих и отличительных признаков двух объектов (это общая дидактическая задача), мы затем в скобках указываем, что в данном случае этими объектами являются два предложения. Аналогичным образом мы будем поступать по отношению к психологическим и педагогическим операциям, выделяя в каждой операции ее общий смысл и специально указывая ту конкретную форму, в которой она выступает в данном случае, при оперировании данным конкретным содержанием.

³³⁵ Слова «которые должны произвести учащиеся» будем в дальнейшем для краткости опускать. Операции, называемые нами «психологическими операциями», рассматриваются здесь и далее как элементарные; предполагается, что учащиеся умеют их производить.

³³⁶ Слова «которые должен произвести учитель» будем в дальнейшем для краткости также опускать. Педагогические операции рассматриваются здесь и далее как элементарные и предполагается, что учитель умеет их производить.

³³⁷ Постановка вопроса представляет собой педагогическое действие (операцию), вызывающее (актуализирующее) определенные мыслительные операции учащихся.

$$ABa \overset{1}{\uparrow} C \overset{2}{\downarrow} b \overset{3}{\uparrow} \overset{3}{\downarrow} E \overset{1}{\downarrow} DC \overset{2}{\uparrow}$$

Приведем описание хода обучения на этом этапе.

Учитель пишет на доске два предложения: *Ночь темна. Ночь.*

Учитель. Определите, что между этими предложениями есть общего?

Ученик. И в том и в другом есть подлежащее.

Учитель. А чем эти предложения отличаются друг от друга?

Ученик. В первом предложении есть сказуемое, а во втором его нет.

2-й этап

Дидактическая задача: добиться сведения учащимися воедино признаков рассмотренных объектов (видов предложений).

Психологические операции: систематизация выделенных признаков.

Педагогические операции:

1. Постановка вопроса: «Каковы признаки первого объекта (предложения) и каковы признаки второго?» — операция A^{341} .

Сообщение учащимся системы признаков объекта — операция B .

Запись признаков объекта — операция C .

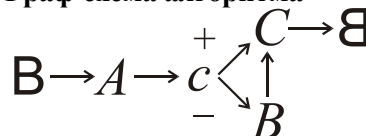
Эти педагогические операции мы также будем рассматривать как операторы алгоритма.

Логическим условием в алгоритме решения поставленной задачи будет следующее:

1. Указание учащимся системы признаков (логическое условие c).

Поскольку запись алгоритма словами очень громоздка, приведем (и в дальнейшем будем приводить) только граф-схему алгоритма (читатель без труда сможет построить также логическую схему алгоритма, соответствующую этой граф-схеме).

Граф-схема алгоритма



Приведем описание хода обучения на этом этапе.

Учитель. Каковы же признаки первого предложения и каковы признаки второго?

Ученик. В первом предложении есть подлежащее и сказуемое, во втором предложении подлежащее есть, а сказуемого нет.

Учитель. Запишем эти признаки.

Признаки предложений нумеруются и записываются:

1) есть подлежащее, 1) есть подлежащее,

2) есть сказуемое. 2) нет сказуемого.

3-й этап

Дидактическая задача: добиться выявления учащимися логической структуры выделенных признаков.

Психологические операции:

1. Соединение признаков союзом **и**.

2. Соединение признаков союзом **или**³⁴².

³⁴¹ Одна и та же буква на разных этапах может обозначать разные операции. Значение букв указывается на каждом этапе отдельно. Если же для букв ввести индексы (так как букв латинского алфавита для обозначения всех нужных операций не хватает), то можно выделить общие для разных этапов операции и обозначать их одним и тем же символом. Это даст возможность создать единый алфавит операций. Так, например, вопросы одного и того же типа, но касающиеся разного содержания, можно было бы обозначать одними и теми же буквами с разными индексами. Например, любой вопрос о принадлежности предмета классу можно было бы обозначать, допустим, буквой $ТС$. Тогда вопрос о том, является ли данное предложение назывным, можно было бы обозначать через $К предл. \in наз.$, а вопрос о том, является ли некоторое слово существительным, можно было бы обозначать через $К сл. \in сущ.$ Можно было бы использовать и другие обозначения для индексов. Важно только, чтобы одна и та же буква обозначала вопросы одного и того же типа, т. е. вопросы, вызывающие одни и те же психологические операции (хотя и осуществляемые на разном содержании).

Сказанное об использовании одинаковых обозначений для педагогических операций одного и того же типа может быть отнесено также к обозначению психологических операций и их результатов, выступающих в качестве логических условий в алгоритме обучения.

³⁴² Приводимые психологические операции, представляющие собой, по существу, пробы, попытки соединения

5-й этап

Прежде чем перейти к тренировке в распознавании видов предложений на основе выявленных признаков, надо, чтобы учащиеся воспроизвели общий метод рассуждения, который необходимо применять, чтобы распознать предмет в ситуации, когда он может принадлежать к одному из нескольких известных классов. Это определяет дидактическую задачу на данном этапе.

Дидактическая задача: побудить учащихся воспроизвести основные этапы рассуждения, которое нужно применять, чтобы распознать предмет в ситуации, когда он может принадлежать к одному из нескольких известных классов.

Психологические операции: воспроизведение основных этапов рассуждения³⁴³.

Педагогические операции:

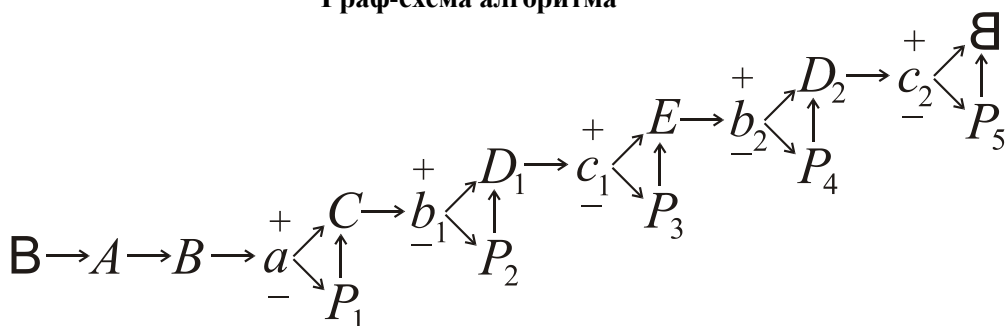
1. Экспонирование учащимся объекта (предложения) — операция *A*.
2. Постановка вопроса: «К каким классам может принадлежать данный объект (в данном случае, каким может быть вид рассматриваемого предложения)?» — операция *B*.
3. Постановка вопроса: «Что нужно сделать, чтобы распознать, к какому классу принадлежит данный объект (в данном случае, чтобы распознать, каков вид рассматриваемого предложения)?» — операция *C*.
4. Постановка вопроса: «Как произвести такую проверку?» — операция *D*.
5. Постановка вопроса: «Что нужно сделать, если объект к первому из рассматриваемых классов не принадлежит (в данном случае: если предложение определенно-личным не окажется)?» — операция *E*.

6—10. Сообщение учащимся правильного ответа на вопросы 2, 3, 4, 5 — операции $P_1—P_5$ ³⁴⁴.

В качестве логических условий здесь выделяются следующие:

1. Ответ учащихся: «Объект может принадлежать к классу *A*, или *B*, или *C*, ... (данное предложение может быть определенно-личным или назывным)» — логическое условие *a*.
2. Ответ учащихся: «Проверить, принадлежит ли объект к первому из рассматриваемых классов, (является ли данное предложение определенно-личным)», — логическое условие *b*₁.
3. Ответ учащихся: «Проверить, принадлежит ли объект ко второму (и в данном случае последнему) из рассматриваемых классов (является ли это предложение назывным)» — логическое условие *b*₂.
4. Ответ учащихся: «Проверить, имеются ли у объекта признаки первого из рассматриваемых классов (есть ли у данного предложения признаки определенно-личного предложения)» — логическое условие *c*₁.
5. Ответ учащихся: «Проверить, имеются ли у объекта признаки второго (и в данном случае последнего) из рассматриваемых классов (есть ли у этого предложения признаки назывного предложения)» — логическое условие *c*₂.

Граф-схема алгоритма



Опишем ход обучения на данном этапе. Учитель пишет на доске предложение:

Никто не пришел.

Учитель. Каким может быть вид этого предложения (из известных вам видов)?

Ученик. Оно может быть определенно-личным или назывным.

Учитель. Что надо сделать, чтобы распознать его вид?

Ученик. Сначала надо проверить, не является ли оно определенно-личным.

Учитель. Как произвести такую проверку? Что нужно для этого сделать?

Ученик. Надо проверить, есть ли у рассматриваемого предложения признаки определенно-

³⁴³ Все эти этапы были охарактеризованы при описании хода «логического урока».

³⁴⁴ Для сокращения записи мы не выписываем на отдельной строке каждую операцию. Предполагается, что учитель в каждом конкретном случае знает правильный ответ и может сообщить его учащимся.

личного предложения.

Учитель. Предположим, что оно определенно-личным не окажется. Что надо делать дальше?

Ученик. Тогда надо проверить, не является ли предложение назывным.

Учитель. Что надо для этого сделать?

Ученик. Надо проверить, есть ли у предложения признаки назывного предложения.

Как мы видим, метод рассуждения здесь такой же, как и при распознавании «посыльного»: сначала надо проверить, является ли предложение определенно-личным (сравнить: является ли проходящий мимо человек Иваном Ивановичем); если нет, то проверить, не является ли оно назывным (сравнить: является ли проходящий человек Петром Петровичем). Сначала предложение проверяется на признаки первого вида предложений (определенно-личных), затем, если предложение определенно-личным не окажется, то на признаки второго вида предложений (назывных).

Легко заметить, что общим является не только метод рассуждения, который должны применять учащиеся, но и метод обучения, который применяет преподаватель. Он задает ученикам вопросы одного и того же типа, требуя от них одного и того же (по логической структуре) рассуждения. Общность метода обучения определяется общностью дидактических задач, которые приходится решать в обоих случаях.

6-й этап

Учащиеся воспроизвели основные этапы рассуждения при распознавании явления, которое может принадлежать одному из нескольких классов, но пока еще не воспроизвели метода рассуждения (действий) в зависимости от способа связи признаков явления логическим союзом. Отсюда вытекает дидактическая задача 6-го этапа.

Дидактическая задача: побудить учащихся воспроизвести метод распознавания явлений, признаки которых связаны конъюнктивно (логическим союзом **и**), и применить этот метод к распознаванию видов предложений.

Психологические операции:

1. Воспроизведение метода действий, соответствующего конъюнктивной структуре признаков³⁴⁵.

2. Применение этого метода к решению конкретных задач на распознавание.

Педагогические операции:

1. Постановка вопроса: «Что нужно делать, чтобы распознать, принадлежит ли объект к определенному классу (является ли данное предложение определенно-личным)?» — операция *A*.

2. Постановка вопроса: «Что нужно делать, если первый признак у объекта (предложения) имеется?» — операция *B*.

3. Постановка вопроса: «Почему надо проверять второй признак?» — операция *C*.

4. Постановка вопроса: «Какой надо делать вывод, если у объекта имеются все признаки, связанные союзом **и** (в данном случае: у предложения имеются все признаки определенно-личного предложения)?» — операция *D*.

5—8. Сообщение учащимся правильных ответов на вопросы 1, 2, 3, 4 — операции P_1 — P_4 .

В качестве логических условий здесь выделяются следующие:

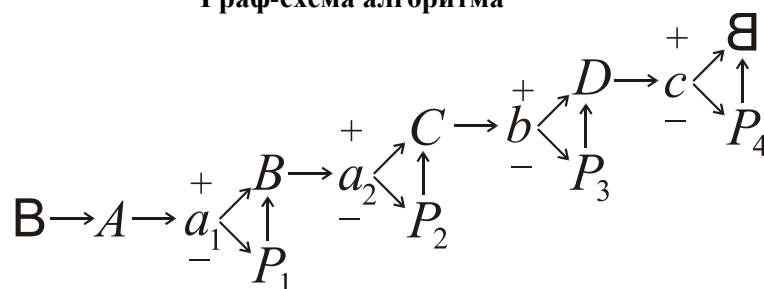
1. Ответ учащихся: «Проверить, есть ли у объекта (предложения) первый признак» — логическое условие a_1 .

2. Ответ учащихся: «Проверить, есть ли у объекта (предложения) второй признак» — логическое условие a_2 .

3. Ответ учащихся: «Потому что признаки связаны союзом **и**» — логическое условие b .

4. Ответ учащихся: «Если у объекта имеются все признаки предметов класса (в данном случае определенно-личного предложения), то мы делаем вывод, что этот объект принадлежит к этому классу (т. е. что рассматриваемое предложение является определенно-личным)» — логическое условие c .

Граф-схема алгоритма



³⁴⁵ Метод описан в главе VIII.

Приводим описание хода обучения на этом этапе.

На доске по-прежнему написано предложение *Никто не пришел*.

Учитель. Что нам надо сделать, чтобы распознать, является ли это предложение определенно-личным?

Ученик. Надо проверить, есть ли у него первый признак определенно-личных предложений — подлежащее.

Применяя признаки подлежащего, учащиеся находят в этом предложении подлежащее *никто* (процесс поиска подлежащего уже достаточно автоматизирован, и учащиеся, не проводя развернутого рассуждения, «видят» подлежащее сразу).

Учитель. Предположим, первый признак окажется налицо: в предложении есть подлежащее. Как мы должны действовать дальше?

Ученик. Надо проверить, есть ли у предложения второй признак — сказуемое.

Учитель. Почему надо проверять второй признак?

Ученик. Потому что признаки связаны союзом **и**.

Учащиеся находят в предложении сказуемое.

Учитель. У предложения имеются оба признака определенно-личных предложений. Какой вывод из этого следует сделать?

Ученик. Раз у этого предложения имеются оба признака определенно-личного предложения, значит, оно определенно-личное.

Как мы видим, закрепление знаний о признаках грамматических явлений и формирование операций по их применению производится сразу после того, как признаки выявлены.

7-й этап

После того как учащиеся воспроизвели метод распознавания явлений, имеющих конъюнктивную структуру признаков, необходимо провести тренировку в применении этого метода к распознаванию уже изученных видов предложений, преследуя цель выработать навык распознавания. Отсюда вытекает дидактическая задача 7-го этапа.

Дидактическая задача: выработать у учащихся навык распознавания определенно-личных и назывных предложений на основе известного им метода распознавания.

Учащимся дается ряд предложений для тренировки в распознавании. Операции, которые надо производить при распознавании, те же, что были указаны при описании предыдущего этапа. Мы их поэтому не указываем.

Приведем предложения, использованные при тренировке:

1. *Известие было неожиданным.* 2. *Ничто его не огорчало.* 3. *Вдруг послышалось «тпру...».* 4. *Жаркий июльский полдень.* 5. *За стеной кто-то громко разговаривал.* 6. *В кабинете собралось много людей.* 7. *Москва. Наконец мы увидели этот город.*

Предложения подобраны таким образом, чтобы предупредить и исключить появление в будущем ошибок (и даже колебаний) в определении видов предложений. Учащимся с самого начала даются такие определенно-личные предложения, которые, как показал эксперимент в контрольных классах³⁴⁶, нередко оцениваются ими как неопределенно-личные (*За стеной кто-то громко разговаривал*) и даже безличные (*Ничто его не огорчало*). Обучение учащихся распознаванию указанных предложений по признакам способствует тому, что понятие о виде этих предложений сразу формируется правильно. Это предупреждает возникновение ошибочных представлений и обобщений. При подборе примеров учтен и принцип варьирования несущественных признаков. Так, например, среди предложений имеются распространенные и нераспространенные назывные предложения, подлежащие в определенно-личных предложениях стоят в одних случаях в начале предложений, в других — в конце и т. д.

8-й этап

На предыдущем этапе учащиеся практически столкнулись с тем, что подлежащее в определенно-личных предложениях может быть выражено различными частями речи. Чтобы распознать определенно-личное предложение, нет никакой надобности определять, чем именно выражено в нем подлежащее. Но весьма полезно четко осознавать, что оно может быть выражено разными частями речи. Это и определяет дидактическую задачу 8-го этапа.

Дидактическая задача: добиться осознания учащимися того, что подлежащее в определенно-личных предложениях может быть выражено различными частями речи.

Психологические операции:

Определение частей речи, которыми выражены подлежащие в разобранных примерах.

Индуктивный вывод о том, что подлежащее в определенно-личных предложениях может быть выражено различными частями речи.

³⁴⁶ Ср. также А. М. Орлова [736].

Педагогические операции:

Постановка вопроса: «Какой частью речи выражено подлежащее в первом предложении?» — операция A_1 .

Постановка вопроса: «Какой частью речи выражено подлежащее во втором предложении?» — операция A_2 .

Постановка вопроса: «Какими частями речи может быть выражено подлежащее в определенно-личных предложениях?» — операция B .

Сообщение учащимся правильного ответа — операции $P_1—P_n$.

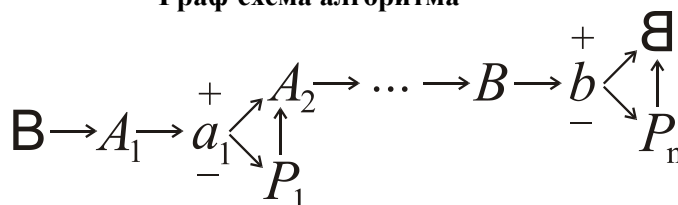
В качестве логических условий здесь выделяются следующие:

Ответ учащихся: «Существительным» — логическое условие a_1 .

Ответ учащихся: «Отрицательным местоимением» — логическое условие a_2 .

Ответ учащихся: «Различными частями речи» — логическое условие b .

Граф-схема алгоритма



Опишем ход обучения на данном этапе.

Учитель. Какой частью речи выражено подлежащее в первом предложении?

Ученик. Оно выражено существительным.

Учитель. Какой частью речи выражено подлежащее во втором предложении?

Ученик. Оно выражено отрицательным местоимением.

.....

Учитель. Какими же частями речи могут быть выражены подлежащие в определенно-личных предложениях?

Ученик. Они могут быть выражены различными частями речи.

9-й этап

На предыдущем этапе учащиеся убедились, что принадлежность предложения к классу определенно-личных не зависит от того, какой частью речи выражено в нем подлежащее. Теперь надо, чтобы они осознали, что принадлежность предложения к классу определенно-личных не зависит также от семантического значения подлежащего. Отсюда возникает дидактическая задача 9-го этапа.

Дидактическая задача: добиться четкого понимания учащимися того, что принадлежность предложения к классу определенно-личных определяется не семантическими признаками (смысловым значением подлежащего), а формально-грамматическими признаками (наличием в предложении подлежащего и сказуемого, какой бы смысл подлежащее ни имело).

В целях экономии времени задача решается путем объяснения.

Приводим ход объяснения.

Учитель. Итак, мы видели, что подлежащее в определенно-личном предложении может быть выражено любой частью речи, включая неопределенное местоимение. И хотя в предложении *За стеной кто-то громко разговаривал* подлежащее выражено неопределенным местоимением и неизвестно, кто именно разговаривал, предложение все равно является определенно-личным, так как подлежащее в предложении имеется и выражено определенным словом. Что обозначает это подлежащее и какой смысл имеет все предложение в целом, — не имеет значения для определения вида предложения. Важно лишь, что в предложении имеется (наряду со сказуемым) вполне определенное подлежащее.

На следующих двух этапах учащимся даются некоторые дополнительные сведения о назывных предложениях. В частности, учитель обращает внимание на то, что если назывное предложение состоит из одного подлежащего без поясняющих его слов, то оно является нераспространенным (например, *Москва*). Если же при подлежащем есть поясняющие слова (например, *Жаркий июльский полдень*), то оно является распространенным. Затем учитель останавливается на некоторых функциях назывных предложений, показывает цели, с которыми они употребляются в языке.

На этом заканчивается изучение двух видов простых предложений: определенно-личных I типа и назывных. Хотя описание этого раздела заняло несколько страниц, фактическое изучение этих двух видов предложений занимает 25—30 минут (в этом можно убедиться, если прочесть описание хода уроков, опуская обоснования и комментарии).

В целях сокращения изложения и создания у читателя более цельной картины хода обучения мы

не будем в дальнейшем расчленять описание хода уроков на этапы, останавливаться на дидактических задачах каждого этапа и алгоритмах решения этих задач (тем более что многие из этих задач и алгоритмов аналогичны вышеописанным). Мы ограничимся (там, где это будет необходимо) лишь некоторыми комментариями. При желании читатель легко расчленит ход обучения на этапы, вычленит дидактические задачи каждого этапа и выявит алгоритмы, посредством которых они решались.

2. Определенно-личные предложения II типа

После того как учащиеся овладели признаками определенно-личных предложений I типа, в которых есть и подлежащее, и сказуемое, учитель знакомит учащихся с определенно-личными предложениями II типа, в которых подлежащего нет.

У ч и т е л ь . Мы с вами говорили о том, что в определенно-личном предложении имеется и подлежащее, и сказуемое. Но оказывается — это только один из типов определенно-личного предложения. Сейчас мы с вами рассмотрим другой тип.

Возьмем два предложения:

Я хочу гулять.

Хочу гулять.

У ч и т е л ь . Каким является первое предложение?

У ч е н и к . Определенно-личным, в нем есть и подлежащее, и сказуемое.

У ч и т е л ь . Каким является второе предложение? Хотя подлежащего в этом предложении нет, оно опущено, но предложение это также является определенно-личным, так как подлежащее здесь мыслится совершенно определенным и одно единственное. При желании его можно вставить: *(Я) хочу гулять.*

Кстати говоря, в подобных предложениях подлежащее может быть опущено именно потому, что оно мыслится совершенно определенным, единственным. Оно подсказывается личной формой глагола. Попробуйте вставить в это предложение другое подлежащее.

Учащиеся пробуют, но ничего не получается.

(Задания подобного типа имеют цель убедить учащихся в справедливости тех или иных положений на собственном опыте путем своеобразного языкового эксперимента).

Затем учитель указывает, что сказуемое в предложениях такого типа может быть выражено не только глаголами 1-го лица, но и глаголами 2-го лица.

У ч и т е л ь . Приведите примеры определенно-личных предложений с опущенными подлежащими, в которых сказуемое будет выражено сначала глаголами 1-го лица, а затем глаголами 2-го лица.

Учащиеся приводят примеры.

У ч и т е л ь . Как вы думаете, может ли в определенно-личном предложении быть опущено подлежащее, если сказуемое в нем выражено глаголом 3-го лица единственного числа?

Возьмем какое-нибудь предложение, например: *Мальчик идет по улице.* Можно ли в этом предложении опустить подлежащее? Попробуйте.

(Снова учащимся дается задание, которое требует от них языкового эксперимента.)

У ч е н и к (написав предложение без подлежащего). Нет, в этом предложении опустить подлежащее нельзя.

У ч и т е л ь . Почему?

У ч е н и к . Потому что тогда будет неясно, кто идет.

У ч и т е л ь . В самом деле, если я опущу подлежащее в предложениях *Я иду в магазин (Иду в магазин)*, *Ты идешь в магазин (Идешь в магазин)*, *Мы идем в магазин (Идем в магазин)*, *Вы идете в магазин (Идете в магазин)*, то здесь совершенно ясно, кто идет. Подлежащее здесь в каждом случае может быть одно единственное: *я, ты, мы, вы*. Если же я опущу подлежащее в предложении *Мальчик идет в магазин* (учитель пишет: *Идет в магазин*), то здесь совершенно неясно, кто идет. Может идти и мать, и отец, и брат и т. д. Вот почему предложение с глаголом 3-го лица единственного числа (если такое предложение брать вне связи с другими предложениями) без подлежащего невозможно³⁴⁷. Такое предложение будет непонятно.

Какой же мы отсюда можем сделать вывод? Глаголами какого лица должно быть выражено сказуемое в предложениях, не имеющих подлежащего, чтобы эти предложения были определенно-личными?

³⁴⁷ На первом этапе изучения видов простых предложений (когда выявляются и формулируются их признаки) эти предложения рассматриваются вне контекста. Включение предложений в контекст и изучение их в связи с другими предложениями должно осуществляться позже. Особенно важен учет контекста при анализе неполных предложений, суть которых может быть понята только в их отношении к другим предложениям.

У ч е н и к . Оно должно быть выражено глаголами 1-го или 2-го лица.

У ч и т е л ь. Каковы же признаки определенно-личного предложения II типа?

Из всех признаков, которые предлагают учащиеся, учитель выбирает такие два признака: 1) нет подлежащего и 2) сказуемое выражено глаголом 1-го или 2-го лица.

Эти признаки вписываются в схему. Схема приобретает такой вид:

Признаки определенно-личных предложений I типа

1) Есть подлежащее

и

2) есть сказуемое.

Признаки определенно-личных предложений II типа

1) Нет подлежащего

и

2) сказуемое выражено глаголом 1-го или 2-го лица.

Признаки назывных предложений

1) Есть подлежащее

и

2) нет сказуемого.

Учащиеся первоначально не знали признаков определенно-личного предложения II типа. Эти признаки можно было дать учащимся готовыми, но учитель этого не сделал. Он создал условия для того, чтобы учащиеся в результате самостоятельных практических действий, в результате языкового эксперимента сами открыли эти признаки. Открытие учащимися признаков произошло в результате определенного поискового процесса. Руководящая роль учителя при этом состояла в том, что он поставил перед учащимися такую задачу, которая требовала от них процесса определенного типа, вызывала те операции, которые наиболее ценны с дидактической точки зрения.

Далее проводится небольшое упражнение.

Дается несколько определенно-личных предложений I типа, и учащиеся, ориентируясь на то, в каком лице стоит глагол, должны определить, какое из предложений можно превратить в определенно-личное предложение II типа, а какое нельзя (т. е. в каком из предложений можно «выбросить» подлежащее). В тех предложениях, которые могут употребляться без подлежащего, учащиеся должны взять подлежащее в скобки. Вот примеры некоторых предложений, использованных при тренировке:

1. *Что вы так кричите?* 2. *«Мы теперь, наверное, увидимся не скоро», — сказал он.* 3. *Поезд подходит к перрону.* 4. *Мой товарищ отдыхал летом в Крыму.*

Цель этого упражнения в том, чтобы учащиеся практически освоили признаки определенно-личного предложения II типа. Превращая определенно-личные предложения I типа в определенно-личные предложения II типа, они глубже осознают сущность определенно-личных предложений II типа, лучше понимают условия, при которых возможно «опускание» подлежащего. Это имеет определенное значение и для развития культуры речи. Одна из распространенных ошибок учащихся состоит в том, что они нередко употребляют без подлежащего предложения, которые без подлежащего существовать не могут, и, наоборот, употребляют подлежащее там, где лучше было бы обойтись без подлежащего; последнее «утяжеляет» речь, лишает ее необходимой краткости, «энергичности».

Вслед за этим учитель дает учащимся другое упражнение, цель которого — потренировать их в распознавании типов определенно-личного предложения на основе использования логической схемы признаков. Вот предложения, которые предлагались для тренировки:

1. *Идите, выполняйте приказание.* 2. *О нем отзываются хорошо.* 3. *Его хладнокровие ободрило меня.* 4. *Снаряжу коня, наточу булат, затяну чекмень, полечу в леса.* 5. *Мне грустно.* 6. *Ну вот, при-страивайся к делу, а годика через три к рулю встанешь.*

Как и при проведении предыдущих упражнений, основное внимание и здесь обращается на правильный метод действий, на правильный ход рассуждения. Учащиеся устанавливают, что признаки определенно-личных предложений «организованы» так же, как и признаки «посыльного». Отсюда следует, что и метод рассуждения должен быть таким же: сначала надо проверить, является ли данное предложение определенно-личным предложением I типа или нет; если нет, то является ли оно определенно-личным предложением II типа. Если у данного предложения нет признаков ни определенно-личного предложения I типа, ни определенно-личного предложения II типа, то, значит, это предложение определенно-личным не является и его надо проверить на наличие признаков предложений других видов.

Среди предложений, включенных в упражнение, имеются не только определенно-личные предложения, но также неопределенно-личные и безличные, которых учащиеся еще не знают. Зачем это сделано?

Как уже говорилось, наличие у предмета определенных признаков является основанием для положительного заключения о принадлежности данного предмета к определенному классу. Если же какие-то признаки у предмета отсутствуют (необходимые или все достаточные), то это основание для отрицательного заключения. Для развития мышления умение приходить к отрицательному заключению (то-то не является тем-то) не менее важно, чем умение приходить к положительному заключению (то-то является тем-то). Лишь научив учащихся приходить к отрицательному заключению, мы можем научить их проверять свои гипотезы и допущения, можем научить их пользоваться методом исключения. К выводу о том, чем является данный предмет или явление, можно прийти не только прямым путем, но и косвенным. Если данное явление не является тем-то, тем-то и тем-то, то,

значит, оно такое-то (разумеется, при условии, что учтены все возможности). Например, если данное предложение может быть лишь определенно-личным, или неопределенно-личным, или безличным, или назывным и установлено, что оно не является ни определенно-личным, ни неопределенно-личным, ни назывным, то, значит, оно безличное.

В ряде случаев определить, что собой представляет некоторое явление, при помощи метода исключения гораздо проще, чем прямым путем. Это связано с тем, что установить отсутствие каких-то признаков иногда бывает значительно легче, чем установить наличие других признаков. Выбирать наиболее рациональный и экономный путь рассуждения учащиеся смогут только тогда, когда они будут владеть разными методами рассуждения. К этому их надо все время готовить.

С задачами, решение которых состоит в получении отрицательного заключения, учащиеся уже встречались при изучении темы «Подлежащее». Там учащимся давались предложения, в которых подлежащего не было, и они должны были, установив отсутствие у того или иного слова определенных признаков подлежащего, сделать вывод: это слово — не подлежащее. Аналогичная задача ставится перед учащимися и в данном случае. Если, например, в предложении *О нем отзываются хорошо* нет признаков определенно-личного предложения, то учащиеся должны сделать вывод: это — не определенно-личное предложение (лучше в данном случае сказать: это предложение определенно-личным не является). Какое оно — это другой вопрос. В данном случае важно, что оно не является определенно-личным.

Приводим образец разбора двух предложений. Первое предложение: *Идите, выполняйте приказание*.

Учитель. Что прежде всего мы должны сделать, чтобы определить вид этого предложения?

Ученик. Мы должны посмотреть, является ли это предложение определенно-личным предложением I типа или нет. Проверяем первый признак: есть ли в предложении подлежащее? Подлежащего нет. Значит, оно не является определенно-личным предложением I типа.

Учитель. Что мы должны сделать после этого?

Ученик. Мы должны посмотреть, является ли оно определенно-личным предложением II типа. Проверяем первый признак: «нет подлежащего». Первый признак имеется — подлежащего в предложении нет.

Учитель. Как мы должны действовать дальше?

Ученик. Мы должны посмотреть, есть ли второй признак: выражены ли сказуемые глаголами 1-го или 2-го лица. *Идите, выполняйте* — глаголы 2-го лица. Значит, второй признак тоже есть.

Учитель. Какой вывод мы из этого делаем?

Ученик. Если у данного предложения есть оба признака, значит, оно определенно-личное предложение II типа.

Учитель. Какое подлежащее можно вставить в данное предложение? Какое подлежащее в нем подразумевается?

Ученик. Подлежащее *Вы. (Вы) идите, выполняйте приказание*.

При ответе на последний вопрос учащиеся часто делают такую ошибку. Они говорят, что в это предложение можно вставить различные подлежащие, например, *товарищи, ребята* и т. д. (*Товарищи, идите, выполняйте приказание. Ребята, идите, выполняйте приказание* и т. д.). Учитель должен показать, что слова *товарищи, ребята* и т. п. в данном случае не могут являться подлежащими. Он предлагает заменить *товарищи* местоимением и прочесть предложение с местоимением. Получается: *Они, идите, выполняйте приказание*. Согласования нет. Значит, *товарищи* не подлежащее. Учитель говорит, что слово *товарищи* является обращением, и указывает на его характерные черты. Подлежащим, которое можно вставить в данное предложение, может быть только местоимение *вы*. Учащимся при этом полезно указать на то, что это местоимение может выступать как в функции подлежащего (*Вы идите, выполняйте приказание*), так и в функции обращения (*Вы, идите, выполняйте приказание*). Все зависит от цели и смысла сообщения.

Второе предложение: *О нем отзываются хорошо*.

Учащиеся, как и в предыдущем случае, проверяют предложение на признаки определенно-личного предложения I типа. Так как первый признак определенно-личного предложения I типа отсутствует (в данном предложении нет подлежащего), то учащиеся делают вывод, что определенно-личным предложением I типа данное предложение не является.

Затем предложение проверяется на признаки определенно-личного предложения II типа. Первый признак имеется: подлежащего в нем нет.

Учитель. Что мы делаем дальше?

Ученик. Мы проверяем наличие у предложения второго признака: сказуемое в определенно-личном предложении II типа должно быть выражено глаголом 1-го или 2-го лица. *Отзываются* — они (*они отзываются*). Сказуемое выражено глаголом 3-го лица. Нужный признак отсутствует.

Учитель. Какой отсюда следует вывод?

Ученик. Значит, это предложение определенно-личным не является: у него нет признаков

определенно-личных предложений ни I, ни II типа.

Проверка на признаки назывного предложения показывает, что у рассматриваемого предложения этих признаков также нет. Значит, это предложение и не назывное. В результате анализа данного предложения получаются, таким образом, три отрицательных заключения.

Как мы видим, учитель все время тренирует учащихся в применении соответствующего метода рассуждения, являющегося общим для всех решаемых задач на распознавание.

Аналогичным образом разбираются остальные предложения.

3. Неопределенно-личные предложения

После того как учащиеся усвоили признаки определенно-личных и назывных предложений и научились их распознавать, учитель переходит к изучению неопределенно-личных предложений.

Учитель. До сих пор мы с вами разбирали такие предложения без подлежащего, в которых подлежащее можно восстановить, так как оно подсказывается формой глагола и является единственно возможным. В предложении *Хочу гулять* никакого другого подлежащего, кроме я, мыслить невозможно. Такие предложения, в которых может быть только одно определенное, единственно возможное подлежащее, называются определенно-личными. Употребит человек в таком предложении подлежащее или опустит его, все равно ясно, кто именно производит действие (я, ты, мы, вы). Мы видели, что сказуемые в таких предложениях выражены глаголами только 1-го или 2-го лица.

Ну, а если мы употребим без подлежащего предложение, в котором сказуемое выражено глаголом 3-го лица множественного числа (например, предложение: *Его в коллективе любят*). Можно ли так сказать?

Ученик. Можно.

Приступая к изучению нового вида предложений, экспериментатор, как и в предыдущих случаях, не дает учащимся признаки готовыми. Он снова создает условия для языкового эксперимента, с тем чтобы учащиеся самостоятельно, в процессе практических языковых действий, выявили эти признаки.

Учитель. Подсказывает ли здесь форма глагола какое-нибудь одно определенное, единственно возможное подлежащее?

Ученик. Нет, не подсказывает.

Учитель. Подумайте, какие подлежащие можно было бы здесь мыслить.

Ученик. Например, *товарищи, сослуживцы, ребята* и т. д.

Учитель. Если предложение, в котором сказуемое подсказывает одно определенное, единственно возможное подлежащее называется определенно-личным, то как, по-вашему, можно было бы назвать предложение, в котором сказуемое не подсказывает определенного подлежащего?

Ученик. Неопределенно-личным.

Учитель. Правильно. В грамматике такие предложения и в самом деле называются неопределенно-личными.

Как мы видим, в данном случае учителю не приходится самому вводить даже названия предложений этого вида. Учащиеся, осознав грамматический смысл предложений данного вида, легко догадываются и об их названии. Название в данном случае вытекает из характера предложений этого вида.

Учитель. Теперь давайте решим такую задачу. Представим себе, что ваш товарищ (назовем его Петей) совершил какой-то проступок и учитель (пусть его зовут Сергей Петрович) плохо отозвался о проступке Пети (Пети при этом разговоре не было). Представим себе далее, что вы хотите передать Пете мнение Сергея Петровича о его поступке. Как вы ему это скажете?

Ученик. Сергей Петрович отзывается о твоём поступке плохо.

Учитель. А теперь представим себе, что вы хотите передать Пете мнение о его поступке, но по каким-то причинам не хотите говорить, кто именно о нем отзывается плохо. Как вы скажете в этом случае?

Ученик. О тебе отзываются плохо.

Учитель. Посредством предложения какого вида вы выразили свою мысль в первом случае?

Ученик. Посредством определенно-личного предложения I типа: в предложении было и подлежащее, и сказуемое.

Учитель. А во втором случае?

Ученик. Посредством неопределенно-личного предложения.

Учитель. Чем в этом предложении выражено сказуемое?

Ученик. Оно выражено глаголом 3-го лица множественного числа.

Учитель. А теперь скажите: если в предложении сказуемое выражено глаголом 3-го лица множественного числа, означает это или не означает, что оно является неопределенно-личным?

У ч е н и к . Нет, не означает. Чтобы оно было неопределенно-личным, в нем еще не должно быть подлежащего.

Как мы видим, грамматические признаки неопределенно-личных предложений были введены не непосредственно, а через решение особого рода задачи, которую можно было бы назвать коммуникативно-речевой или ситуационно-речевой. Суть подобного рода задач состоит в том, что ученик ставится в воображаемую ситуацию общения (коммуникации), в которой он должен передать собеседнику некоторое сообщение. Ученику задается цель сообщения, его смысл (в данном случае цель состояла в том, чтобы передать Пете мнение о его поступке, не сообщив при этом, кто это мнение высказал), а ученик должен самостоятельно найти речевую форму, позволяющую эту цель достигнуть. Решая подобные задачи, учащиеся начинают яснее понимать зависимость формально-грамматических признаков предложения от того, какой смысл надо посредством него выразить, какое сообщение надо передать. Они хорошо усваивают, что грамматическая форма призвана обслуживать определенные потребности общения, должна служить средством решения определенных задач, возникающих в процессе общения, они начинают хорошо осознавать жизненное, практическое значение грамматической формы.

Решение задач, подобных приведенной, имеет большое значение и для развития культуры речи. Ведь культура речи как раз в том и состоит, чтобы, имея определенную коммуникативную задачу, найти такую речевую форму, в частности такие грамматические конструкции, которые позволят эту задачу наилучшим образом решить, позволят точно выразить ту мысль, которая нужна.

Аналогичным способом перед учащимися раскрываются другие функции и условия употребления неопределенно-личных предложений. Например, иногда неопределенно-личные предложения употребляются потому, что просто неизвестно, кто производит действие (*За стеной тихо разговаривали*). Иногда—когда неважно, кто производит действие (*Принесли МОЛОКО*). Неопределенно-личные предложения употребляются и в некоторых других случаях.

После того как учащиеся выявили функции и условия употребления неопределенно-личных предложений и фактически вычленили их признаки, надо эти признаки четко сформулировать и записать, указав союз, которым они связаны.

У ч и т е л ь . Каковы же признаки неопределенно-личных предложений?

Учащиеся их называют, признаки записываются, определяется союз, которым они связаны. Схема признаков приобретает такой вид:

Признаки неопределенно-личных предложений

1) Нет подлежащего

и

2) сказуемое выражено глаголом 3-го лица множественного числа
(в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе)³⁴⁸.

Вскрыть признаки неопределенно-личных предложений учащимся помогло сопоставление их с определенно-личными предложениями II типа. И у тех, и у других нет подлежащего (это общий признак). Ясно, что отличие надо искать в том, чем выражено сказуемое. Сказуемое определенно-личных предложений II типа выражено глаголом 1-го или 2-го лица. Предложение без подлежащего, в котором сказуемое было бы выражено глаголом 3-го лица единственного числа, непонятно (это учащиеся установили опытным путем). Следовательно, сказуемое в неопределенно-личных предложениях должно быть выражено глаголом 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе). Из сказанного становится ясным, почему виды предложений надо изучать именно в той последовательности, которую мы избрали. Логика, которая лежит в основе изучения видов предложений в этой последовательности, такова. Сначала изучаются те виды предложений, в которых имеется подлежащее: определенно-личные и назывные; затем — те виды личных предложений, в которых подлежащего нет: определенно-личные II типа и неопределенно-личные; и наконец, изучаются предложения, в которых, если воспользоваться определением учебника, «подлежащего нет и быть не может».

Поскольку признаки всех видов предложений должны быть у учащихся перед глазами, признаки каждого нового вида, изученного учащимися, просто приписываются к тем признакам, которые уже записаны.

Общая схема признаков приобретает такой вид:

³⁴⁸ Специально разбирается случай, когда сказуемое может быть выражено кратким прилагательным во множественном числе (например: *тобою недовольны*). Чтобы не усложнять схему, этот признак в нее не включен. Мы при этом исходили из того, что, умея распознавать неопределенно-личные предложения, в которых сказуемые выражены глаголами 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголами во множественном числе), учащиеся всегда распознают неопределенно-личное предложение, в котором сказуемое выражено кратким прилагательным во множественном числе. Тем более, что в прошедшем и будущем времени сказуемое имеет в своем составе глагол во множественном числе (*тобою были недовольны*, *тобою будут недовольны*).

Признаки определенно-личных предложений I типа	Признаки определенно-личных предложений II типа	Признаки неопределенно-личных предложений	Признаки назывных предложений
1) Есть подлежащее и 2) есть сказуемое.	1) Нет подлежащего и 2) сказуемое выражено глаголом 1-го или 2-го лица.	1) Нет подлежащего и 2) сказуемое выражено глаголом 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе).	1) Есть подлежащее и 2) нет сказуемого.

Мы уже говорили о том, что использованные нами признаки неопределенно-личного предложения существенно отличаются от тех, которые даны в учебнике. Первый признак ясно указывает, что у неопределенно-личных предложений нет подлежащего, второй — указывает ту форму глагола, которой выражается сказуемое в неопределенно-личных предложениях и которая характерна для этого вида предложений (при наличии первого признака). И первый и второй признак совершенно однозначны. Применение этих признаков не может создать какой-либо неопределенности в толковании этого вида предложений; данные признаки обеспечивают безошибочность и сравнительную легкость распознавания этого вида предложения.

Продолжим описание хода изучения темы «Неопределенно-личные предложения».

За составлением логической схемы признаков неопределенно-личного предложения шли, как всегда, упражнения. Мы не будем описывать, как проводились эти упражнения, потому что они в принципе не отличались от упражнений, описанных выше. Отметим только, что упражнения, которые применялись при изучении этой темы, не сводились только к упражнениям на распознавание вида предложения. Среди упражнений были и такие, которые требовали превращения одного вида предложения в другой и анализа происходящих при этом изменений смысла; были также упражнения, которые требовали умения выражать одну и ту же мысль разными способами (т. е. упражнения, направленные на развитие культуры речи и мышления), и некоторые другие. Однако описание этих типов упражнений не входит в задачу настоящей книги. Приводя фрагменты, характеризующие ход обучения, мы и в дальнейшем будем опускать все то, что непосредственным образом не было направлено на формирование определенных логических операций, рациональных методов умственной работы. Поступить иначе значило бы далеко выйти за пределы темы настоящей книги.

Изучив признаки неопределенно-личных предложений, учащиеся ознакомились с тремя (или, разделив определенно-личные предложения на типы, четырем) видами простых предложений. Если следовать методу, которым мы пользовались до сих пор, то для того чтобы узнать, к какому виду относится то или иное предложение, надо последовательно применить к нему признаки каждого из выделенных нами видов: сначала посмотреть, является ли оно определенно-личным предложением I типа; если не является, то проверить, будет ли оно определенно-личным предложением II типа; если не будет, то надо, определить, является ли оно назывным предложением; если не является, то следует, наконец, выяснить, относится ли оно к неопределенно-личным. Как мы видим, путь этот длинный. Для того чтобы, например, «дойти» до третьего, по порядку изучения, вида предложений и убедиться, что анализируемое предложение является неопределенно-личным, надо «перепробовать» большое количество признаков и произвести много операций.

Метод распознавания можно, однако, значительно упростить, рационализировать, если учесть, что у разных видов предложений есть одинаковые (общие) признаки, хотя и с разными знаками (например, «есть подлежащее» — «нет подлежащего», «есть сказуемое» — «нет сказуемого»). Если проверку признаков вести не в том порядке, в каком записаны виды предложений, а начать с признаков, которые общие для одних каких-то видов предложений и в то же время отличают их от каких-то других видов, то количество операций, требуемых для решения задачи, можно сильно сократить.

В самом деле, признак «есть подлежащее» имеется у предложений двух видов (определенно-личных I типа и назывных) и отсутствует у предложений двух других видов (определенно-личных II типа и неопределенно-личных)³⁴⁹. Этот признак присутствует у предложений разных видов с противоположными знаками: у первых двух со знаком плюс («подлежащее есть»), у вторых двух — со знаком минус («подлежащего нет»).

Допустим, перед нами некоторое предложение *x*, вид которого надо определить. Если в качестве первой операции выбрать проверку предложения на наличие у него подлежащего, то положительный или отрицательный ответ («да», «нет») сразу ограничивает поле дальнейшего выбора, дальнейших поисков. Если в предложении подлежащее есть (ответ «да»), то оно может быть либо определенно-личным I типа, либо назывным; если же

³⁴⁹ Имеются в виду только те виды предложений, которые к описываемому этапу обучения учащимися уже изучены.

подлежащего нет, то предложение является либо определенно-личным предложением II типа, либо неопределенно-личным. Поле поисков ограничивается, таким образом, сразу наполовину. Предположим, что подлежащее в предложении, вид которого нам надо определить, есть и что предложение, следовательно, является либо определенно-личным I типа, либо назывным. Определить, какое оно, теперь можно при помощи всего одной операции — операции проверки предложения на наличие сказуемого. Если сказуемое в предложении есть (ответ «да»), то это определенно-личное предложение I типа; если нет (ответ «нет»), то это предложение, назывное. В случае, когда в предложении отсутствует подлежащее, вопрос о виде предложения решается аналогичным образом, только здесь проверяются другие признаки — способ выражения сказуемого. Таким образом, при описываемом методе распознавания вида предложения задача решается в любом случае всего двумя операциями. Ясно, что этот метод значительно проще.

До сих пор последовательность операций учащихся определялась последовательностью записи признаков в логической схеме признаков. В связи с тем что при рассматриваемом методе признаки должны проверяться не в том порядке, как они записаны на схеме, а в другом, возникла задача обучить учащихся рациональному методу действий по проверке признаков. Необходимо было подвести их к самостоятельному открытию рационального алгоритма распознавания видов простых предложений, вооружить их некоторыми принципами самостоятельного определения наиболее рациональной системы операций. Учащиеся должны ясно осознать, что вообще возможны различные пути решения одной и той же задачи, в том числе на распознавание, но необходимо всегда искать наиболее экономный, рациональный путь.

Начинается этот этап обучения с того, что учитель обращает внимание учащихся на большое количество действий, которое надо произвести, чтобы, пользуясь схемами признаков, определить вид того или иного предложения.

Учитель. Давайте подумаем, нельзя ли работу по распознаванию вида предложения упростить?

Сравните признаки определенно-личных предложений I типа и признаки назывных предложений. Что у тех и других общего?

(Выявление общих и отличительных признаков производится в процессе самостоятельного сопоставления логических схем признаков).

Ученик. У предложений обоих видов есть подлежащее.

Учитель. А теперь сравните признаки определенно-личных предложений II типа с признаками неопределенно-личных предложений. Что общего у предложений этих двух видов?

Ученик. У тех и у других нет подлежащего.

Учитель. Теперь представьте себе, что перед нами какое-то предложение. Нам нужно определить его вид. На наличие какого признака целесообразнее всего проверить это предложение?

Ученик. На наличие у предложения подлежащего.

Учитель, подтвердив правильность ответа ученика, пишет на доске арабскую цифру 1 и рядом название операции по проверке указанного признака: «Есть ли подлежащее?»

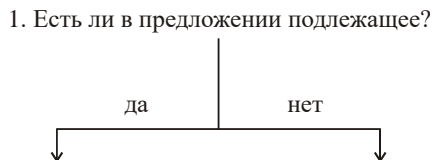
Учитель. Какие возможны результаты проверки этого признака у предложения, какие здесь могут быть случаи?

Ученик. Подлежащее либо есть, либо его нет.

Учитель. Покажем это на схеме.

(Как мы видим, учитель задает учащимся только направляющие вопросы, последовательность же операций учащиеся формулируют самостоятельно).

Далее учитель проводит стрелки, над которыми надписывает: «да», «нет». Схема приобретает такой вид:



Учитель. Пусть в предложении есть подлежащее. К какому виду в этом случае может относиться предложение?

Ученик. Оно может относиться к определенно-личным предложениям I типа или к назывным.

Под левой стрелкой учитель производит соответствующую запись.

Учитель. А если в предложении нет подлежащего, то каким может быть это предложение?

У ч е н и к . Оно может быть либо определенно-личным предложением II типа, либо неопределенно-личным.

Учитель производит соответствующую запись под правой стрелкой. Схема приобретает вид:



У ч и т е л ь . Рассмотрим случай, когда в предложении есть подлежащее. Мы уже установили, что в этом случае предложение может быть либо определенно-личным предложением I типа, либо назывным.

Метод рассуждения посредством разбора случаев, который здесь применяется, широко распространен в математике («рассмотрим случаи, когда $a=b$, когда $a>b$ и когда $a<b$ »).

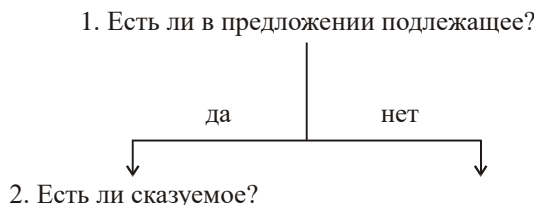
Что теперь надо делать, чтобы узнать, к какому именно виду (из указанных двух) принадлежит наше предложение?

У ч е н и к . Надо проверить, есть ли в предложении сказуемое.

У ч и т е л ь . Правильно. Сравнение признаков определенно-личного предложения I типа и назывного предложения показывает, что различаются эти предложения лишь наличием или отсутствием сказуемого (наличие подлежащего — их общий признак). Следовательно, проверив, есть ли в предложении сказуемое или его нет, мы сразу определим вид этого предложения.

Запишем это действие.

На схеме записывается вторая операция. Схема приобретает вид:



У ч и т е л ь . Каковы возможные результаты проверки второго признака?

У ч е н и к . Либо сказуемое в предложении есть, либо сказуемого в предложении нет.

У ч и т е л ь . Укажем это на схеме.

В схему вписываются две стрелки с ответами «да», «нет».

У ч и т е л ь . Если в предложении есть и подлежащее, и сказуемое, то каким будет предложение?

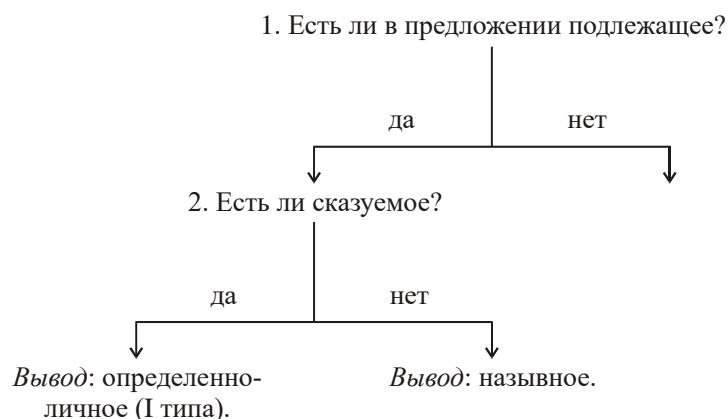
У ч е н и к . Предложение будет определенно-личным I типа.

Этот вывод записывается на схеме.

У ч и т е л ь . Теперь, пусть в предложении есть подлежащее, но нет сказуемого. К какому виду следует тогда отнести предложение?

У ч е н и к . К назывным предложениям.

Этот вывод также записывается на схеме, и она приобретает вид:



Распознавание вида предложения напоминает игру в отгадывание имени задуманного знаменитого человека. Игра, как известно, состоит в следующем. Один из играющих задумывает имя знаменитого человека (писателя, художника, политического деятеля и т. п.). Другой играющий задает ему вопросы, на которые первый может отвечать только «да» или «нет». Что собой, с логической точки зрения, представляют вопросы, которые задает отгадывающий? Эти вопросы не что иное, как проверка определенных признаков. Разница между игрой в отгадывание задуманного имени знаменитого человека и процессом распознавания вида предложения состоит только в том, что здесь человек задает вопросы сам себе, а ответ получает как бы от предложения. Наличие или отсутствие у предложения проверяемого признака является основанием для ответа «да» или «нет». Аналогию между процессом распознавания вида предложения и игрой в отгадывание задуманного имени знаменитого человека можно легко показать учащимся.

Ознакомление учащихся с существом данного метода имеет большое общеобразовательное значение, так как этот метод является весьма общим. Как мы видели выше (см. главу XII), используя идеи теории информации, можно прийти к наиболее рациональному применению данного метода.

Учитель. Теперь рассмотрим случай, когда в предложении нет подлежащего. Мы установили, что это может быть либо определенно-личное предложение II типа, либо неопределенно-личное предложение. Что надо сделать, чтобы узнать, к какому (из этих двух видов) принадлежит наше предложение?

Ученик. Для этого надо посмотреть, чем в предложении выражено сказуемое.

Учитель. Верно. Надо, иначе говоря, проверить признаки, которые отличают предложения этих двух видов друг от друга.

Ученик. Если сказуемое выражено глаголом 1-го или 2-го лица, то это определенно-личное предложение II типа, если глаголом 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе), то это неопределенно-личное предложение.

Учитель. Запишем это на схеме. Действия будем записывать в таком порядке. Первое действие у нас записано; оно состоит в проверке, есть ли в предложении подлежащее. Подлежащего нет. Тогда второе действие будет заключаться в проверке того, выражено или нет сказуемое глаголом 1-го или 2-го лица. Если выражено, то мы из этого делаем вывод, что данное предложение определенно-личное. Если же нет, то — в этом состоит третье действие — мы проверяем, выражено ли сказуемое глаголом 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе). Если выражено, то мы делаем вывод: это неопределенно-личное предложение.

Все эти рассуждения учитель проводит, вычерчивая схему. Этими рассуждениями он ее обосновывает. Схема приобретает вид:



После этого начинается тренировка в распознавании видов предложений с целью выработки навыка распознавания.

Учащимся дается ряд предложений, вид которых они должны определить, пользуясь той последовательностью операций, которая указана на схеме. Приводим некоторые из предложений.

1. *Во дворе напротив какие-то люди играли в домино.* 2. *Во дворе напротив играли в домино.* 3. *Знойный и душный полдень.* 4. *На нашей улице недавно построили несколько новых домов.* 5. *Дайте мне, пожалуйста, ту книгу.* 6. *Ночь после бури.* *Чем-то волшебным рисуется в серебристом сиянии луны сад.*

4. Безличные предложения

Осталось изучить последний вид предложений — безличные предложения.

Учитель пишет на доске два предложения:

Хочу спать.

Хочется спать.

Он опять предлагает учащимся сопоставить эти предложения и самостоятельно выявить как те признаки, которые общие им, так и те, которые отличают их друг от друга. Общий признак устанавливается легко: в обоих предложениях нет подлежащего. В качестве отличительного признака второго предложения некоторые учащиеся предлагают такой: подлежащее вставить нельзя (этот признак указан и в учебнике). На примере предложения *Слепит глаза* учитель показывает учащимся, что пользование этим признаком иногда приводит к ошибкам. Предложение *Слепит глаза* безличное, но многим учащимся кажется, что в него можно вставить подлежащее (*Свет слепит глаза*). На этом основании данное предложение за безличное не признается. Кроме того, подлежащее нельзя вставить и в неопределенно-личные предложения. Вставка подлежащего (формальная возможность для этого есть) меняет его смысл, превращает его в предложение другого вида (это иллюстрируется на примерах).

Учитель спрашивает, нельзя ли найти какой-либо другой признак, более надежный. Он обращает внимание учащихся на правую часть схемы, где указаны признаки определено-личных предложений II типа и неопределенно-личных предложений. Не подсказывают ли эти признаки второго признака безличного предложения?

И действительно, схема такой признак подсказывает. Всего существует три вида предложений, у которых нет подлежащего: определено-личные II типа, неопределенно-личные и безличные. Если вторыми признаками определено-личного предложения II типа и неопределенно-личного предложения является то, что сказуемые в них выражены глаголами 1-го или 2-го лица, а также 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе), то, естественно, что вторым признаком безличного предложения является такой: сказуемое выражено любой частью

речи, кроме перечисленных.

Признаки записываются, определяется их логическая структура.

Признаки безличных предложений

1) Нет подлежащего

и

2) сказуемое выражено любой частью речи, кроме глаголов 1-го и 2-го лица, а также глаголов 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголов во множественном числе).

Определить безличное предложение методом исключения (а учащихся, как мы говорили, очень важно обучать различным методам, развивать их общую логическую культуру) в данном случае проще всего, так как не надо вводить никаких дополнительных признаков. Этот признак и был нами принят в качестве второго признака безличных предложений.

Общая схема признаков приобретает следующий вид.

Признаки определенно-личных предложений I типа	Признаки определенно-личных предложений II типа	Признаки неопределенно-личных предложений	Признаки безличных предложений	Признаки назывных предложений
1) Есть подлежащее	1) Нет подлежащего	1) Нет подлежащего	1) Нет подлежащего	1) Есть подлежащее
и	и	и	и	и
2) есть сказуемое.	2) сказуемое выражено глаголом 1-го или 2-го лица.	2) сказуемое выражено глаголом 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе).	2) сказуемое выражено любой частью речи, кроме глаголов 1-го и 2-го лица, а также 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголов во множественном числе).	2) нет сказуемого.

Указанные признаки можно также выразить в виде следующей схемы:

Виды предложений	Признаки			
	подлежащее	сказуемое	сказуемое выражено глаголом 1-го или 2-го лица	Сказуемое выражено глаголом 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе)
Определенно-личное (I)	+	+		
Определенно-личное (II)	-	+	+	
Назывное	+	-		
Неопределенно-личное	-	+		+
Безличное	-	+	-	-

Примечание. Плюс в клетке означает наличие признака, минус — его отсутствие. Если в клетке нет ни плюса, ни минуса, то это показывает, что данный признак для соответствующего типа предложения либо вообще не имеет смысла, либо его можно не проверять.

Близкой к приведенной является следующая схема (дадим два ее варианта):

В а р и а н т 1

Подлежащее есть		Подлежащего нет		
Сказуемое есть	Сказуемого нет	Сказуемое выражено глаголом 1-го или 2-го лица	Сказуемое не выражено ни глаголом 1-го, ни глаголом 2-го лица	
			Сказуемое выражено глаголом 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе)	Сказуемое не выражено глаголом 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе)
Определенно-личное (I)	Назывное	Определенно-личное (II)	Неопределенно-личное	Безличное

Вариант 2

Подлежащее есть		Подлежащего нет		
Сказуемое есть	Сказуемого нет	Сказуемое есть		
		Сказуемое выражено глаголом 1-го или 2-го лица	Сказуемое выражено глаголом 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе)	Сказуемое не выражено ни глаголом 1-го, ни глаголом 2-го лица, ни глаголом-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе)
Определенно-личное (I)	Назывное	Определенно-личное (II)	Неопределенно-личное	Безличное

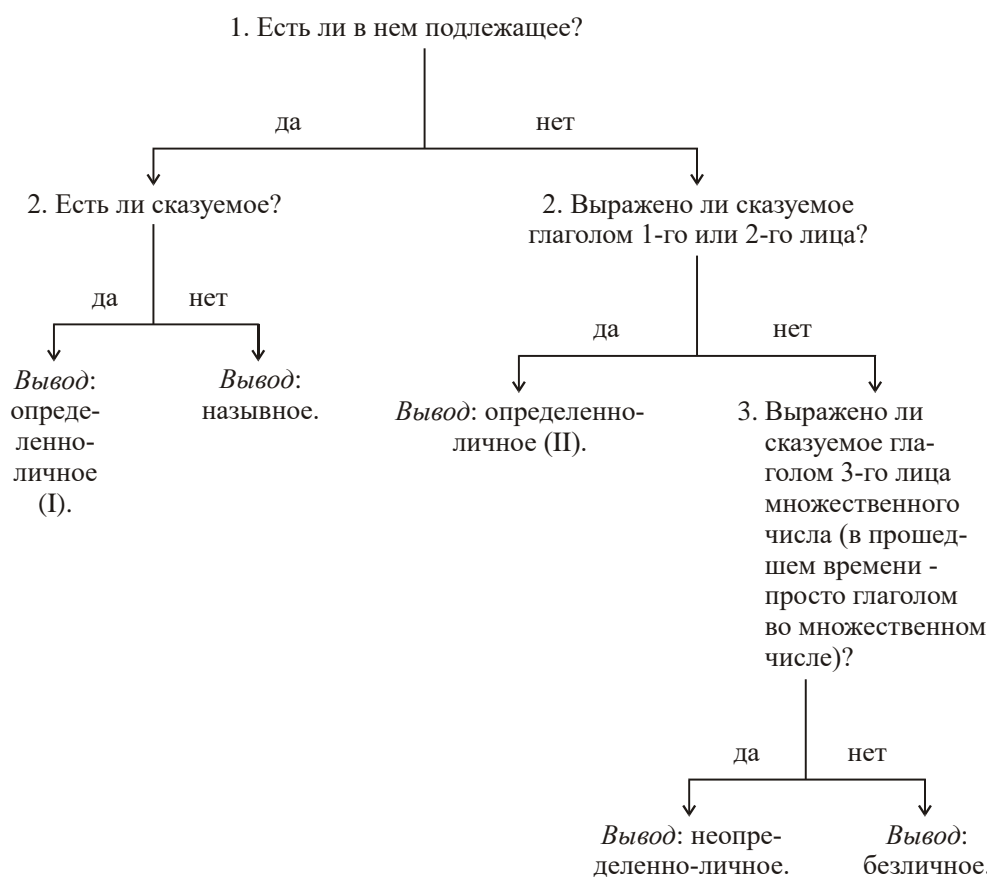
Достоинством этих схем является то, что здесь признаки всех видов предложений сведены воедино. Их легко обозреть и сопоставить друг с другом. На их основе можно правильно распознавать вид любого предложения (кроме обобщенно-личного). Однако эти схемы не указывают, в каком порядке надо производить проверку признаков. Говоря другими словами, эти схемы не указывают алгоритма и поэтому не могут заменить собой схему-дерево, которую мы начали строить. Схемы подобного типа целесообразно применять на тех этапах изучения видов простых предложений, когда происходит работа с признаками, ознакомление с ними и сопоставление их между собой. Но, как было показано выше, знать признаки недостаточно. Надо еще владеть методом оперирования ими, т. е. знать, как с ними надо действовать, какова наиболее рациональная последовательность действий. Но именно этого данные схемы не указывают.

Приведенными схемами признаков можно было бы и ограничиться при обучении учащихся видам простых предложений. Поскольку, однако, мы поставили задачу сформировать у учащихся не только понятие о видах простых предложений, но и рациональный навык их распознавания, учащихся необходимо еще обучить рациональному алгоритму распознавания видов простых предложений. Для этого надо закончить ту схему-дерево, которую мы начали строить.

Как мы помним, правая часть схемы у нас не была закончена. На третий вопрос: «Выражено ли сказуемое глаголом 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе)?», следовал вывод только из ответа «да» (если да, то это неопределенно-личное предложение). Теперь можно сделать вывод и из ответа «нет» (если нет, то предложение является безличным). Составление схемы, таким образом, полностью завершено, построен общий алгоритм, который определяет путь решения задачи распознавания вида простого предложения. Приводим этот алгоритм целиком.

Схема действий по распознаванию вида простого предложения

Чтобы определить вид простого предложения, надо проверить:



Данная схема содержит фактически единый и общий алгоритм распознавания вида простого предложения, причем этот алгоритм дает возможность распознавать вид предложений самое большее за три операции.

В одной из статей, посвященных различию научного и художественного мышления, литературный критик К. Зелинский [637] писал:

«В логике движения мысли по рельсам математики (и, добавим мы, логики — Л. Л.) есть та принудительность, форсированность выводов, которые пленяют всякого ученого и парализуют возражения... Все это рельсовый транспорт мысли, который вас доставит к истине, как к конечной станции назначения».

Характерной чертой всякого алгоритма — и это вполне может быть отнесено к тем системам операций, которым мы обучали учащихся, — является то, что они доставляют к истине буквально как «по рельсам». Это сравнение является особенно удачным, если иметь в виду системы операций, изображенные в виде таких схем, где стрелки точно указывают, когда и куда надо двигаться в зависимости от наличия тех или иных условий, или признаков. Если человек правильно выполняет все указанные в схеме операции и придерживается правильной их последовательности, то он неизбежно придет к правильному ответу, он не ошибется.

После того как учащиеся с помощью учителя сформулировали признаки, дающие возможность отличать безличные предложения от других видов предложений, и общий алгоритм распознавания видов предложений, учитель подробно рассказывает о том, что могут выражать безличные предложения, каково их происхождение в языке, их функции в речевом общении людей и т. п.³⁵⁰ Затем анализируется ряд предложений. Методика работы такова. Учитель делит доску на три графы. В левой графе учитель записывает анализируемое предложение; затем он ставит перед учащимися вопросы, что выражает это предложение и какой частью речи выражено в нем сказуемое. Учащиеся отвечают на вопросы, и их ответы вписываются во вторую и третью графы. Вот пример заполнения указанных граф:

Предложения	Что выражают предложения	Чем выражено сказуемое
1. <i>То дождит, то снежит.</i>	Состояние природы	Безличными глаголами

³⁵⁰ Полно и обстоятельно этот вопрос освещен, например, в книге [570], ряд сведений из которой учитель может использовать на уроке.

2. <i>Рассветает.</i>	То же	Безличным глаголом
3. <i>Начинало светать.</i>	То же	Сочетанием глагола, обозначающего начало действия, и неопределенной формы безличного глагола
4. <i>Меня знобит.</i>	Состояние организма	Безличным глаголом
5. <i>Не сидится в хате тесной, не лежит на печи.</i>	Состояние человека	Безличными глаголами
6. <i>Голову тянет вниз.</i>	Действие какой-то силы	Безличным глаголом
7. <i>Улететь бы вольной птицей отсюда!</i>	Желание	Неопределенной формой глагола
8. <i>Ровно к часу всем ребятам быть на стадионе!</i>	Приказание	Неопределенной формой глагола
9. <i>Холодно.</i>	Состояние природы	Наречием на -о
10. <i>И скучно, и грустно!</i>	Состояние человека	Наречиями на -о
11. <i>Природой здесь нам суждено в Европу прорубить окно.</i>	Состояние людей в результате действия какой-то силы	Кратким страдательным причастием в форме среднего рода
12. <i>Сильнее кошки зверя нет.</i>	Сообщение об отсутствии чего-то	Отрицанием <i>нет</i>

В результате проведенной работы учащиеся усвоили не только формально-грамматические признаки безличных предложений,

но и поняли существенные особенности этого вида предложений. Теперь можно начать тренировку в распознавании вида предложений путем применения всей системы операций. Вот некоторые из безличных предложений, использованных в процессе тренировки

1. *Шалаи заносит снегом.* 2. *Ему и больно, и смешно.* 3. *Уже смеркается.* 4. *Темно.* 5. *Мальчика так и подмывало рассказать обо всем.* 6. *Рассветает.* 7. *Здесь было особенно хорошо.* 8. *Нестерпимо жгло в этот июльский полдень.* 9. *Мне необходимо поговорить с вами.*

Предложения для тренировки были подобраны так, чтобы сказуемые в них были выражены различными частями речи: безличными глаголами, личными глаголами в безличном значении, наречиями на -о, краткими страдательными причастиями среднего рода, сочетанием наречия с глаголом неопределенной формы.

Приводим образец разбора одного из предложений: *Шалаи заносит снегом.*

Учитель. Что надо сделать прежде всего, чтобы определить вид предложения?

Ученик. Надо посмотреть, есть ли в предложении подлежащее. Подлежащего здесь нет: *шалаи* — не именительный падеж (его *заносит снегом*).

Учитель. Что мы делаем дальше?

Ученик. Мы смотрим, выражено ли сказуемое глаголом 1-го или 2-го лица или нет. В данном случае — нет. Поэтому мы смотрим, выражено ли сказуемое глаголом 3-го лица множественного числа. Тоже нет. Значит, это безличное предложение.

Учитель. Что выражает это безличное предложение?

Ученик. Действие какой-то силы.

Учитель. Чем выражено сказуемое в этом предложении?

Ученик. Оно выражено глаголом в безличном значении.

После того как система операций по распознаванию видов предложений закреплена, учащиеся научились определять вид предложения, не проводя развернутого рассуждения. Один ученик сказал, что он «сразу видит», чем выражено сказуемое и каким является предложение. Однако степень автоматизированности операций у разных учеников оказалась различной.

Сформулированная выше система операций по распознаванию видов простых предложений дает возможность определить вид данного простого предложения независимо от его конкретного содержания, т. е. представляет собой действительно общий метод распознавания видов простых предложений.

Закончив изучение различных видов простых предложений, в том числе односоставных, следует сопоставить односоставные предложения с неполными предложениями, в которых пропущен один из главных членов или оба главных члена. В процессе сопоставления важно выявить признаки неполных предложений, а также указать метод различения неполных и полных односоставных предложений. Приведем один из возможных вариантов этой работы.

5. Неполные предложения

Учитель. Мы с вами разбирали предложения, в которых не было подлежащего или сказуемого. Были ли понятны эти предложения без одного из главных членов?

Ученик. Да, были понятны.

Учитель. В самом деле, если мы возьмем предложение *Мне на вас жалуются*, то хотя здесь нет подлежащего, это предложение будет нам понятно. Человек, сказавший эту фразу, потому не употребил подлежащего, что не считал нужным называть того, кто жаловался. Следовательно, он не просто «опустил» подлежащее, он сознательно не употребил его.

Теперь возьмем другое предложение: *Совсем разваливаются*. Понятно ли оно?

Ученик. Нет.

Учитель. Ну, а если я напишу два предложения: *Вообще с сапогами дело дрянь. Совсем разваливаются*. Стало ли теперь наше предложение понятным?

Ученик. Да, теперь оно понятно.

Учитель. Что же сделало это предложение понятным?

Ученик. Его сделало понятным предыдущее предложение: *Вообще с сапогами дело дрянь*.

Учитель. В самом деле, только благодаря предыдущему предложению нам стало понятно, что разваливаются именно сапоги. Подлежащее в предложении *Совсем разваливаются* опущено именно потому, что из предыдущего предложения ясно, о чем идет речь. Бывают, однако, случаи, когда это ясно не из непосредственно предыдущего, а из предложения, отделенного от рассматриваемого другими (обычно неполными) предложениями. Например: *С сапогами дело дрянь. Пришли в ветхость. Совсем разваливаются*. Предложения, в которых какой-то член опущен потому, что он очевиден из какого-либо предыдущего предложения, называются неполными.

По каким же причинам в предложении может отсутствовать подлежащее или сказуемое?

Устанавливается, что таких причин может быть две:

1) потому что эти члены в предложении не нужны, смысл предложения ясен и без них. Например: *Утро, Иду по улице, В дверь постучали* и т. п.;

2) потому что они были в каком-либо из предыдущих предложений.

Учитель. Всякое ли предложение без подлежащего или сказуемого является неполным?

Ученик. Нет, не всякое. Неполными являются только такие предложения, в которых главные члены опущены потому, что они очевидны из какого-либо предыдущего предложения.

Учитель. А как можно назвать такие предложения без подлежащего или сказуемого, которые ясны «сами по себе», смысл которых понятен без какого-либо предыдущего предложения?

Ученик. Их можно назвать полными предложениями.

Учитель подводит итог.

Учитель. Следовательно, неполное предложение — это не значит: любое предложение без подлежащего или сказуемого. Без подлежащего или сказуемого может быть и полное предложение. Неполное предложение — это предложение без подлежащего или сказуемого по той причине, что соответствующее подлежащее или сказуемое очевидно из какого-либо предыдущего предложения, из контекста.

Далее учитель указывает на то, что в неполном предложении подлежащее в буквальном смысле слова опущенного и его можно восстановить, «вставить» из какого-либо предыдущего предложения. В полное же предложение (например, в неопределенно-личное) подлежащее вставить нельзя, так как тогда смысл того, что хотел сказать человек, сразу меняется. Сказать: *О вас отзываются хорошо* и *О вас соседи отзываются хорошо* — совсем не одно и то же.

Чтобы еще глубже раскрыть разницу между односоставными и неполными предложениями без одного или двух главных членов, учитель показывает учащимся, что односоставные предложения, в которых уже отсутствует какой-то главный член, могут быть в свою очередь неполными. Для этого учащимся даются пары предложений — вопрос и ответ, причем ответ во всех случаях состоит из одного и того же предложения *Скоро*. Предложение *Скоро* в приводимых примерах является неполным. Учащиеся должны восстановить его до полного и определить вид этого полного предложения. Является ли оно неполным определенно-личным, или неполным неопределенно-личным, или неполным безличным? Вот эти предложения:

1. — *Мы скоро поедем?*

— *Скоро* (Неполное определенно-личное: *Мы поедем скоро*.)

2. — *Скоро откроют кассу?*

— *Скоро*. (Неполное неопределенно-личное: *Кассу откроют скоро*.)

3. — *Скоро стемнеет?*

— *Скоро.* (Неполное безличное: *Стемнеет скоро.*)

У ч и т е л ь . Как мы видим, неполное предложение может быть и определенно-личным, и неопределенно-личным, и безличным.

Затем рассматриваются неполные предложения с опущенным второстепенным членом.

Далее проводится упражнение. Дается ряд групп предложений. Учащимся надо сделать следующее:

1) проверить в каждом предложении наличие главных членов. Если какой-либо из главных членов отсутствует, то посмотреть, можно ли его восстановить, используя предыдущие предложения. Если можно, то восстановить, а восстановленные слова взять в скобки;

2) в конце каждого предложения указать его вид, а также указать, полное оно или неполное.

1. *Командиры рот ничего не отвечают. Стоят и смотрят в землю.* 2. *И они пошли по улице рядом друг с другом. Челкаш — с важной миной хозяина, покручивая усы, парень — с выражением полной готовности подчиниться.* 3. *К домику лесника мы подошли поздно вечером. Постучали. Долго не открывали. Потом слышались шаги. Через несколько минут мы уже были в теплой комнате.* 4. «Откуда идете?» — «Из лесу». — «За грибами ходили?» — «За грибами». — «Много набрали?» — «Не очень». 5. *Жаркий солнечный день. Хочется искупаться. Пойду-ка на речку.* 6. «Телефон уже починили?» — «Починили».

После выполнения упражнения, требующего от учащихся определенной последовательности операций по распознаванию вида предложения, а также понимания того, полное оно или неполное, учитель подводит итог, четко формулируя порядок действий, который учащиеся уже усвоили практически.

У ч и т е л ь . Таким образом, порядок действий для определения вида предложения, а также того, полное оно или нет, должен быть таким:

1. Проверить, содержит ли предложение оба главных члена.

Если да, то предложение определенно-личное.

Если нет, то

2. Проверить, можно ли восстановить отсутствующий главный или второстепенный член из какого-либо предыдущего предложения.

Если нет, то предложение полное и вид предложения можно определить, пользуясь известными признаками (или схемой действий).

Если же какой-либо из членов предложения можно восстановить из предыдущих предложений, то рассматриваемое предложение неполное. Чтобы определить его вид, надо сначала мысленно восстановить предложение до полного, а потом применить к нему соответствующие признаки (схему действий).

§ 1. ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ

В учебнике для средней школы [532] было дано такое определение сложносочиненных предложений: «Сложносочиненными предложениями называются такие, которые состоят из предложений равнозначных, независимых одно от другого»³⁵¹. Однако главная трудность при распознавании сложносочиненных предложений состоит не в том, чтобы определить, является ли некоторое данное предложение сложносочиненным, а в том, чтобы определить, является ли оно вообще сложным или оно простое. Говоря другими словами, прежде чем определить, к какому виду сложных предложений принадлежит некоторое данное предложение (к сложносочиненным или сложноподчиненным), надо определить, является ли оно сложным. Как известно, основную трудность для учащихся представляет различение не сложносочиненных и сложноподчиненных предложений, а различение сложных и простых предложений, в особенности сложносочиненных и простых предложений с однородными членами. Выделение сложноподчиненных предложений вызывает значительно меньше затруднений, так как у них в большинстве случаев есть характерный признак — подчинительный союз или союзное слово.

Как же обучают учащихся различать сложные и простые предложения?³⁵²

В учебнике [532] имеется такое определение сложного предложения: «Сложным предложением называется такое, которое состоит из двух или нескольких простых»³⁵³.

Возникает, однако, вопрос: а как узнать, состоит ли некоторое предложение из двух или нескольких простых или не состоит? Каковы признаки, по которым можно это узнать? Но именно об этом в учебнике ничего не говорится. Сложное предложение раскрывается через признак «состоит из двух или нескольких простых предложений», который сам требует объяснения, сам требует указания каких-то признаков для его опознавания³⁵⁴. Без этого оперировать данным признаком нельзя, он является «мертвым», «не работающим». Затруднения учащихся в различении сложных (особенно сложносочиненных) и простых предложений с однородными членами вызваны тем, что учащиеся не знают, каким образом выявить признак «состоит из двух или нескольких простых предложений», или используют такие признаки этих признаков, которые в ряде отношений являются неудовлетворительными. Этим признакам учащихся обычно учат, формулируя их в виде приемов, т. е. указаний, какие надо произвести действия с предложением, чтобы определить его тип (сложное оно или простое)³⁵⁵.

Эти приемы следующие:

1. Разделение предложения на части и проверка того, могут ли эти части образовывать (каждая) самостоятельное предложение (в основе приема лежит признак: «если данное предложение состоит из двух или нескольких самостоятельных предложений, то оно сложное; если не состоит, то простое»).

2. Определение «количества мыслей», содержащихся в предложении (в основе приема лежит признак: «если данное предложение выражает две или несколько мыслей, то оно сложное; если одну, то

³⁵¹ В последнем стереотипном издании учебника [533] это определение несколько изменено («Сложносочиненными предложениями, — говорится в последнем издании, — называются такие, в которых простые предложения соединяются сочинительными союзами»), однако все, что будет говориться далее, справедливо и по отношению к измененному определению.

³⁵² Здесь и далее мы будем иметь в виду главным образом различение сложносочиненных предложений и простых предложений с однородными членами.

³⁵³ В последнем стереотипном издании учебника [533] к этому определению добавлены слова «сливающихся в одно целое по смыслу и в произношении», однако это также несколько не изменит правомерности приводимых ниже рассуждений.

³⁵⁴ Добавление, имеющееся в последнем стереотипном издании учебника [533] (а именно, что эти простые предложения сливаются по смыслу и в произношении) не меняет существа дела, так как, во-первых, применять дополнительно указанные признаки можно только по с л е того, как установлено, что данное предложение состоит из двух или нескольких простых, во-вторых, эти дополнительные признаки также требуют таких-то признаков для их опознавания. «Сливаются по смыслу и в произношении» — признаки далеко не однозначные, допускающие разные оценки и разные мнения (это будет, в частности, видно из приводимого ниже экспериментального материала). В связи с этим естественно встает вопрос: а как (по каким признакам) можно однозначно определить, сливаются ли простые предложения по смыслу и в произношении или не сливаются? Более того, возникает вопрос: а надо ли вообще это определять, если уже выяснено, что данное предложение состоит из двух или нескольких простых? Ведь этого вполне достаточно, чтобы сделать заключение, что оно сложное.

³⁵⁵ Мы называем указание этих действий приемами, а не алгоритмами, так как эти указания не являются однозначными и достаточно определенными. Разные учащиеся, выполняя их, могут прийти (и приходят) к разным результатам.

простое»).

3. Разделение предложения на части и проверка³⁵⁶ каждой части на признаки простых предложений различных видов (в основе приема лежит признак: «если после разделения предложения на части каждая часть будет представлять собой простое предложение одного из известных видов, то предложение в целом является сложным; если нет, то простым»).

4. Выделение пар главных членов (в основе приема лежит признак: «если в предложении имеется две или несколько пар относящихся друг к другу главных членов, т. е. предложение состоит из двух или нескольких двусоставных предложений, то такое предложение сложное»).

Рассмотрим подробно каждый из этих приемов.

Первый прием — разделение предложения на части и проверка того, могут ли эти части образовывать (каждая): самостоятельное предложение.

Допустим, нам надо написать предложение *Взошло солнце, и стало тепло*³⁵⁷. Мы не знаем, какое оно: сложносочиненное, состоящее из простых, или простое с однородными членами (в зависимости от этого перед *и* ставится или не ставится запятая). Чтобы определить тип предложения, некоторые учителя рекомендуют мысленно поставить вместо союза *и* точку и прочесть получившиеся части по отдельности: *Взошло солнце. Стало тепло*³⁵⁸. Если каждая из частей может существовать как самостоятельное предложение, то все предложение является сложносочиненным и перед *и* надо ставить запятую; если же каждая из частей как самостоятельное предложение существовать не может, то предложение является простым с однородными членами и запятую перед *и* ставить не нужно.

Но как же узнать, может или не может каждая из частей существовать как самостоятельное предложение? На какие признаки, в свою очередь, следует опираться для решения этого вопроса? Эти признаки обычно не указываются; очевидно, предполагается, что это можно определить интуитивно. Фактически же ими могут быть лишь признаки предложения — законченность мысли (наличие сообщения или вопроса) и интонация, т. е. интонационно-смысловые признаки³⁵⁹.

Казалось бы, использование указанного приема дает возможность легко распознать сложносочиненное предложение в отличие от простого с однородными членами. Но на самом деле это не так. Учащиеся, пользуясь этим приемом-признаком, допускают, как показал эксперимент, большое количество ошибок. Прежде всего существуют предложения, которые можно искусственно разбить на словосочетания, которые формально похожи (каждое) на отдельные предложения, но которые в действительности не являются простыми предложениями внутри сложносочиненного. Самым же главным недостатком этого приема является то, что оценка словосочетания с точки зрения того, может оно существовать как самостоятельное предложение или не может, не является однозначной. То, что один считает самостоятельным предложением, другой самостоятельным предложением не считает, и наоборот.

Приведем пример.

Ученик Владимир М. в предложении *Через мост они проехали в село Бородино, оттуда повернули влево и мимо огромного количества войск и пушек выехали к высокому кургану* ошибочно поставил перед первым *и* запятую.

Э к п. Почему перед *и* ты поставил запятую?

И с п. Это сложное предложение, оно состоит из простых.

Э к с п. Почему ты так думаешь?

И сп. Это сложное предложение потому, что вместо запятой можно поставить точку.

Э к с п. И какие предложения после этого получаются? Законченные предложения, которые можно прочесть по отдельности?

И с п. Да, получаются законченные предложения (прочитывает по отдельности обе части предложения).

Э к с п. Но, ведь второе предложение не закончено. Не ясно, о ком говорится.

³⁵⁶ Выражение «проверка на признаки» или «проверка признаков» здесь и далее употребляется для краткости; речь идет, разумеется, о проверке наличия или отсутствия признаков у явления.

³⁵⁷ Здесь и далее предложения будут приводиться с правильной пунктуацией, но учащимся они давались без знаков препинания.

³⁵⁸ Здесь и далее мы будем рассматривать только такие сложносочиненные предложения, в которых простые предложения не имеют общего второстепенного члена и которые поэтому отделяются друг от друга запятыми.

³⁵⁹ В учебнике синтаксиса интонационный признак почему-то не указан. В предыдущем стереотипном издании учебника [532] дается такое определение предложения: «Предложением называется сочетание слов или отдельные слова, которые выражают законченную мысль». В последнем стереотипном издании [533] — такое определение: «Предложение — это сочетание слов или слово, в котором заключается сообщение или вопрос». Между тем интонационный признак очень важен и на него обычно ориентируются при распознавании предложений. Например, словосочетание *Он пошел* может быть и предложением и не предложением в зависимости от того, с какой интонацией произносятся эти слова. Признак законченности или незаконченности мысли (наличия сообщения или вопроса) в ряде случаев является производным от интонационного признака.

И с п. Ясно. Речь-то идет о *них*. *Они* повернули влево и выехали к высокому кургану.

Сказанное выше о данном приеме не означает, конечно, что интонационно-смысловые признаки вообще не имеют значения для распознавания грамматических явлений и для расстановки знаков препинания. Есть случаи, когда пунктуация обуславливается только интонационно-смысловыми признаками. Широко известно словосочетание *Казнить нельзя помиловать*. В зависимости от того, что хочет сказать говорящий, тире (или другой соответствующий знак препинания), следует поставить либо после слова *казнить*, либо после слова *нельзя*: *Казнить — нельзя помиловать*, *Казнить нельзя — помиловать*. Подобных примеров существует немало. Они, между прочим, не свидетельствуют о шаткости грамматических правил самих по себе. Подобные примеры говорят лишь о том, что использование одних формально-грамматических свойств предложений в ряде случаев недостаточно, если мы хотим, чтобы знаки препинания служили средством адекватного выражения содержания наших мыслей.

Как убедительно показал Г. П. Фирсов [830], [831], есть грамматические явления, где пунктуация совпадает с интонацией, есть явления, где она не совпадает и даже противоречит интонации, и, наконец, есть грамматические явления, где пунктуация, иногда совпадает с интонацией, а иногда не совпадает.

Совершенно очевидно, что ориентироваться на интонацию, исходить из нее можно только в первом случае. Только здесь она является распознавательным признаком. Во втором случае из интонации исходить нельзя. В третьем из нее тоже исходить нельзя, но здесь интонация может служить сигналом для гипотезы о том, с каким явлением мы имеем дело. Но проверена гипотеза может быть только при помощи других, «неинтонационных» грамматических признаков.

Сложносочиненные предложения, как и простые с однородными членами, принадлежат к третьей категории грамматических явлений. Когда в предложении имеется пауза, в частности перед сочинительным союзом, то из этого нельзя однозначно заключить, что данное предложение является сложносочиненным. Это может быть и простое предложение с однородными членами. Следовательно, в данном случае для решения задачи отличия сложносочиненного предложения от простого с однородными членами интонация не является распознавательным признаком.

В т о р о й п р и е м , близкий к предыдущему, состоит в определении «количества мыслей», содержащихся в предложении. Если в предложении выражена одна мысль, то это предложение простое, если две или больше, то сложное.

Как показал эксперимент, учащиеся, пользующиеся этим приемом, допускают наибольшее количество ошибок при расстановке знаков препинания. Это объясняется тем, что «считать мысли», не проводя формально-грамматического анализа предложения, невозможно. Данный признак («количество мыслей»), на который часто ориентируют учащихся, не является однозначным. Тип предложения определяется не его семантическими, а его формально-грамматическими свойствами.

В самом деле, возьмем два предложения:

Первая распустилась береза и первая же пожелтела.

Первая распустилась береза, и она первая же пожелтела.

Никакой разницы по смыслу между этими предложениями нет. И тем не менее первое предложение является простым с однородными членами и запятая перед *и* не нужна, второе же предложение — сложносочиненное, и запятая перед *и* нужна.

Рассмотрим еще два предложения:

Ему нездоровится, и он собирается пойти к врачу.

Он чувствует себя нездоровым и собирается пойти к врачу.

Опять никакой разницы по смыслу между этими предложениями нет, но первое является сложносочиненным, и перед *и* надо ставить запятую, второе же — простым с однородными членами, и запятая перед *и* не нужна.

Подобных примеров можно было бы привести много. Они убеждают в недостаточности, а потому и в неправильности такого обучения, когда учащихся ориентируют на выявление одних лишь смысловых признаков. Эти примеры показывают несостоятельность приема распознавания типа предложения (сложносочиненное оно или простое с однородными членами) путем определения количества содержащихся в нем мыслей.

Это целиком подтверждается и экспериментальными данными.

Ученица Наташа Ш. в предложении *Учительница попросила ученика развесить на доске таблицы и карты и сделать объявление* ошибочно поставила перед вторым *и* запятую, сказав, что это предложение сложное. Экспериментатор просит ее обосновать свое мнение.

И с п. Здесь две мысли и остановка. Одна — развесить таблицы и карты, другая — сделать объявление.

Ученица Галя О. в предложении *Некрасов самоотверженно любил свою родину, гордился своим народом и верил в его могучие силы и его прекрасное будущее* ошибочно поставила запятые перед обоими союзами *и*,

сказав, что это предложение сложное. На вопрос, почему, по ее мнению, оно сложное, она ответила:

И с п. Здесь несколько мыслей. Каждую отделяем запятой.

Та же ученица в предложении *Большие стеклянные банки с кофе, корицей и ванилью, хрустальные и фарфоровые чайницы и судки с маслом и уксусом стояли на кухне* ошибочно поставила запятую перед глаголом *стояли*.

Э к с п. Почему ты перед *стояли* поставила запятую?

И с п. Там говорится о *масле* и *уксусе*, а здесь *стояли* – совсем другое; надо отделить, чтобы не смешать.

Ученик Виктор Б. в предложении *Смутно поблескивает река и журчит по прибрежным камешкам* перед *и* поставил запятую.

И с п. Здесь две мысли: одна — смутно поблескивает река, вторая — журчит по прибрежным камешкам.

Ученица Тамара С. в предложении *Лети бегали и по лесу и по лугу и купались и в озере и в реке* ошибочно поставила запятую перед *и купались*. На вопрос экспериментатора ответила:

И с п. Одно дело — бегали по лесу и по лугу, другое дело — купались в озере и в реке. Разные вещи, поэтому запятая нужна.

Ученик Сергей М. в предложении *Это был стройный мальчик с красивыми и тонкими чертами лица* после слова *мальчик* поставил запятую, сказав, что это сложное предложение.

Э к с п. Почему ты думаешь, что это сложное предложение?

И с п. Здесь две мысли. Одна — что он стройный, другая — что у него красивые и тонкие черты лица.

Подобных примеров можно привести много. Они показывают, насколько субъективным является такой критерий сложносочиненного предложения, как количество выраженных в нем мыслей. Учащиеся склонны считать двумя самостоятельными мыслями (а потому и двумя предложениями) сочетания слов, обозначающие два различных действия (одна мысль — развесить таблицы карты, другая — сделать объявление), два различных предмета или две различные группы свойств (одна мысль — стройный мальчик, другая — с красивыми и тонкими чертами лица) и т. д. Находя в простом предложении несколько «мыслей», они принимают его за сложное и допускают ошибки.

Мы привели примеры, когда учащиеся в простых предложениях видели несколько мыслей, а потому считали их сложными. Приведем теперь примеры, когда учащиеся, наоборот, сложные предложения расценивают как простые, считая, что в них выражена всего одна мысль.

В предложении *Ночь, туман, и ни зги не видать* ученица Тамара З. не поставила перед *и* запятой.

Э к с п. Почему ты считаешь, что перед *и* запятая не нужна?

И с п. *Туман и ни зги не видать* — одно предложение.

Э к с п. Откуда ты знаешь?

И с п. Ни зги не видать, потому что туман. Второе как бы причина первого. Запятая не нужна.

В предложении *Шкаф был большой, и в него вмещалось много книг* ученица Вера М. не поставила запятой, считая это предложение простым.

Э к с п. Почему ты думаешь, что это простое предложение?

И с п. Нельзя самостоятельно сказать: *В него вмещалось много книг*.

Это не может быть предложением, потому что непонятно, во что вмещалось много книг, а со шкафом понятно. Здесь одна мысль.

Аналогичный довод привел другой ученик, не поставив запятой в предложении *Они — крупные инженеры, и проектировать новую электростанцию поручили именно им*.

И с п. Поручили проектировать им. Кому им? Без начала непонятно.

В предложении *Поезд ушел, и его огни скоро исчезли* ученик Саша К. не поставил запятой перед *и*.

И с п. Запятая не нужна, отдельно сказать нельзя: *Огни его скоро исчезли*. Непонятно, чьи огни. Здесь нет самостоятельной мысли.

Надо признать, что ученики в этих случаях правы. Если считать критерием сложносочиненного предложения то, что оно состоит из частей, выражающих законченные самостоятельные мысли, то приведенные предложения сложносочиненными действительно нельзя считать. Вторые половины приведенных сложных предложений (а это простые предложения!), взятые сами по себе, никакой законченной самостоятельной мысли не выражают и без первых непонятны.

Использование лишь смысловых признаков порождает еще один род ошибок. Рассмотрим их.

Ученица Тамара З. разбирает предложение *Первая распустилась береза, и она же первая пожелтела*.

И с п. Запятую ставить не нужно, здесь одно и то же лицо.

Э к с п. А это предложение простое или сложное?

И с п. Простое.

Э к с п. Почему ты так думаешь?

И с п. Береза распустилась, и она же пожелтела.

Э к с п. Но ведь здесь есть два подлежащих: *береза* и *она*.

И с п. Нет, это все равно одно и то же. Это же одна и та же береза.

Как мы видим, ученица оперирует не языковыми явлениями, не предложениями, а выражаемым

классов, прошедших через индивидуальный эксперимент и начинавших анализ предложения с выделения главных членов, на этот вопрос ответить не мог. Не зная признаков, которые надо в этих случаях использовать (эти признаки им не сообщались), они «открывали» свои, часто неправильные признаки и допускали ошибки.

Так, ученик Виктор Е. безошибочно расставлял знаки препинания в сложных предложениях, имеющих структуру:



Но вот ему дано сложное предложение *Мы подошли к дому, постучали в дверь, и нас пригласили войти*.

И с п. Здесь три сказуемых и одно подлежащее. Предложение простое.

Э к с п. Почему ты так думаешь? А сложным оно не может быть?

И с п. Нет. В сложном предложении должно быть два подлежащих и два сказуемых, а здесь не так. Значит, предложение простое.

Как мы видим, признаком сложного предложения для испытуемого является только одна структура — наличие пар главных членов, в каждой из которых сказуемое относится к соответствующему подлежащему. Если же предложение имеет другую структуру, он ошибочно считает его простым. Один из достаточных признаков сложного предложения для ученика выступает как е д и н с т в е н н ы й и н е о б х о д и м ы й признак.

Еще один пример. Ученица Тамара З., так же как и Виктор Е., правильно действовала, когда перед ней было предложение, включавшее пары согласующихся главных членов³⁶³. Но вот ей встречается сложное предложение *Озеро сильно обмелело, и перейти его не стоило никакого труда*.

И с п. *Озеро* — подлежащее, *обмелело и перейти* — сказуемые (подчеркивает их). Запятую, думаю, ставить не надо.

Э к с п. Почему?

И с п. Не знаю, так мне кажется.

Э к с п. А ты подумай: это предложение простое или сложное?

И с п. (после длительной паузы). Пожалуй, простое.

Э к с п. Почему?

И с п. Если бы было еще одно подлежащее, тогда оно было бы сложное, а так...

Таким образом, отсутствие единственного для нее признака сложносочиненного предложения — пар согласующихся главных членов — ставит ученицу в затруднительное положение. Она не знает, что делать, колеблется и, опираясь на неверный признак, принимает ошибочное решение.

Некоторые учащиеся, встретив предложение, в котором нет пар главных членов («нехватает» одного из них), пытаются дополнить предложение введением «недостающего» главного члена.

Так, один ученик в предложении *Через мост они проехали в село Бородино, оттуда повернули влево и мимо огромного количества войск и пушек выехали к высокому кургану* ошибочно поставил запятую перед первым *и*.

Э к с п. Почему перед *и* ты поставил запятую?

И с п. Это сложное предложение.

Э к с п. Как ты это определил?

И с п. В предложение можно вставить *они*: *И мимо огромного количества войск и пушек они выехали к высокому кургану*.

Не встретив знакомого признака сложного предложения — пар согласующихся главных членов — и не зная, как определить тип предложения, какие признаки в этом случае надо использовать, ученик придумал свой собственный признак: если предложение можно дополнить до «обычной» структуры, то, значит, оно сложное.

Мы видим, таким образом, что, хотя прием распознавания типа предложения посредством вычленения главных членов в принципе правилен, так как предполагает анализ структуры предложения, однако признак сложносочиненных предложений, используемый в данном случае, — наличие пар согласующихся главных членов — является не единственным. Он приводит к правильному решению задачи только в одном случае, — когда предложение имеет пары согласующихся главных членов. Но как определить тип предложения, когда оно имеет иную структуру, какие признаки надо использовать в этом случае — этот прием не указывает.

Из сказанного ясно, что для решения задачи в общем виде, для распознавания л ю б о г о сложносочиненного предложения недостаточно знать один признак, необходимо владеть с и с т е м о й достаточных признаков, а также определенным о б щ и м м е т о д о м оперирования ими.

³⁶³ Здесь и далее мы вместо выражения: «предложение, состоящее из двух или нескольких двусоставных простых предложений», будем говорить о предложениях, включающих пары относящихся друг к другу (или согласующихся) главных членов, так как учащиеся при распознавании типа предложения ориентируются именно на этот признак и в ряде случаев сами говорят именно о парах определенным образом связанных главных членов.

Таким образом естественно возникает вопрос о поисках таких однозначных признаков и формулировании такого общего метода, который дал бы возможность безошибочно и при наименьшем количестве операций распознавать любое сложносочиненное предложение, причем распознавать непосредственно, не обращаясь к признакам видов простых предложений.

Сопоставление простых предложений с однородными членами и сложносочиненных дало возможность выявить такие признаки.

Возьмем два предложения — одно простое с однородными членами, другое сложносочиненное:

Полярники вылетели к месту зимовки и уже через восемь часов были в районе дрейфующей станции.

Полярники вылетели к месту зимовки, и вслед за ними отправили самолеты с оборудованием.

Чем с грамматической точки зрения отличаются эти предложения? Тем, что в первом из них оба сказуемых относятся к подлежащему (*полярники вылетели и были*), во втором — одно из сказуемых (*отправили*) к подлежащему не относится (вылетели полярники, а отправили самолеты с оборудованием другие люди).

Очевидно, наличие в предложении хотя бы одного сказуемого, которое не относится к какому-либо из имеющихся в предложении подлежащих, и является (при наличии сочинительного союза или соединительной интонации) признаком сложносочиненного предложения. Этот признак является более общим, чем признак наличия в предложении пар согласующихся главных членов, на что часто ориентируют учащихся. Последний признак включается в указанный нами признак в качестве частного случая, что дает возможность распознавать посредством указанного нами признака более широкий круг предложений.

В самом деле, чтобы признать, например, предложение *Прозрачный лес один чернеет, и ель сквозь иней зеленеет* сложносочиненным, достаточно установить, что сказуемое *зеленеет* не относится к подлежащему *лес* (или, наоборот, сказуемое *чернеет* — к подлежащему *ель*). Однако, если бы мы поступили наоборот, если бы мы попытались специфический признак данного типа сложносочиненных предложений — наличие пар согласующихся главных членов — рассматривать как общий признак сложносочиненных предложений более широкой группы, то мы во многих случаях пришли бы к ошибке. Так, сложносочиненное предложение *Полярники вылетели к месту зимовки, и вслед за ними отправили самолеты с оборудованием* мы бы уже сложносочиненным признать не могли (в нем нет «полных» пар главных членов).

Установить, что сказуемое не относится к подлежащему, часто можно по чисто формальному признаку — оно с подлежащим не согласуется. (Например, в предложении *Ночь ушла, и стало светло* между словами *ночь* и *стало* согласования нет, а раз сказуемое не согласуется с подлежащим, то оно к нему и не относится.) Но сделать на этом основании вывод, что «если сказуемое согласуется с подлежащим, то оно к нему и относится» нельзя³⁶⁴. Такой вывод будет неправильным. Это мы можем видеть на примере предложения *Полярники вылетели к месту зимовки, и вслед за ними отправили самолеты с оборудованием*. Сказуемое *отправили* по форме согласуется с подлежащим *полярники*, но тем не менее к нему не относится³⁶⁵. Следовательно, если сказуемое не согласуется с подлежащим, то это верный признак того, что оно к нему и не относится. Но если оно с ним согласуется, то никакого вывода об его отношении к подлежащему на основе этого сделать нельзя. Оно может к нему и относиться, и не относиться. Решить вопрос, исходя только из формальных признаков, в этом случае нельзя.

Указанный нами признак (наличие в предложении хотя бы одного сказуемого, которое не относится к какому-либо из имеющихся в предложении подлежащих) дает возможность распознавать любое сложносочиненное предложение, в котором есть хотя бы одно подлежащее. Однако этот тип сложносочиненных предложений не единственный. Как известно, бывают сложносочиненные предложения, в которых нет ни одного подлежащего. Из этого следует, что для того, чтобы сформулировать общий метод распознавания сложносочиненных предложений, надо найти признаки и для другого типа сложносочиненных предложений. Соединив эти признаки союзом или (т. е. каждый из них окажется лишь достаточным, но не необходимым), мы получим полную систему признаков, которая даст возможность распо-

³⁶⁴ В терминах логики: из того, что $\bar{p} \rightarrow \bar{q}$, не следует, что $p \rightarrow q$.

³⁶⁵ Установление того, что сказуемое *отправили* не относится к подлежащему *полярники* (если полярники улетели, то они не могли отправить самолеты с оборудованием), можно рассматривать как элементарную семантическую операцию. Эта операция основывается на той очевидной истине, своеобразной аксиоме, что человек (как и вообще любой предмет) не может одновременно находиться в двух разных местах. Поскольку указанная семантическая операция является для человека элементарной, она может считаться «алгоритмической» операцией и быть включена в алгоритм распознавания типов предложений.

знать любое сложносочиненное предложение. Что касается предложений, в которых есть два или несколько подлежащих и нет сказуемых, то такие предложения всегда являются сложносочиненными, состоящими из назывных предложений. Предложения же, в которых есть два или более сказуемых и нет подлежащих, являются, как показывает анализ, сложносочиненными во всех случаях, за исключением двух. Первое исключение, — когда все сказуемые выражены глаголами только 1-го или только 2-го лица, например: *Иду и пою, Лежишь и думаешь*. Это простые предложения. Вторым исключением являются предложения, в которых все сказуемые выражены глаголами 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголами во множественном числе). Предложение с такими сказуемыми может быть и сложносочиненным, и простым с однородными членами. Чтобы определить, какое оно, надо использовать дополнительный признак — проверить, кто является производителем действий. Если производителем действий, выражаемых глаголами, является одно и то же лицо, то такое предложение является простым с однородными членами; если же производителями действий являются разные лица, то такое предложение — сложносочиненное.

Поясним сказанное на примерах. Возьмем предложение *Было уже темно, и с берега пускали разноцветные ракеты*. Следует определить, какое оно: сложносочиненное или простое с однородными членами. Так как в этом предложении нет ни одного подлежащего, то воспользоваться первым достаточным признаком невозможно. Поэтому мы выясняем, чем выражаются в данном предложении сказуемые. Мы сказали, что, за исключением случаев, когда все сказуемые выражены глаголами только 1-го или только 2-го лица, а также глаголами 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголами во множественном числе), — предложения с двумя или несколькими сказуемыми являются сложносочиненными³⁶⁶. Следовательно, чтобы установить, какое это предложение, нам надо сделать всего одну проверку: установить, выражены ли все сказуемые предложения глаголами только 1-го или только 2-го лица или только 3-го лица множественного числа. Проверяем. Оказывается, нет. Одно из сказуемых таким глаголом не выражено. Значит, это предложение сложносочиненное, состоит из простых, и их надо отделить друг от друга запятой (запятая нужна перед союзом *и*).

Применив указанный признак, так же легко установить и тип следующих предложений: *Стемнело, и стало холодно; Лодку отнесло течением, и теперь трудно было пристать к нужному месту* и т. п. В этих предложениях нет подлежащих и ни одно из сказуемых не выражено ни глаголом 1-го, ни глаголом 2-го лица, ни глаголом 3-го лица множественного числа. Значит, это сложносочиненные предложения. (Вообще же, как мы знаем, для того чтобы предложение было сложносочиненным, достаточно, чтобы хотя бы одно из сказуемых не было выражено указанными формами глаголов.)

Мы рассмотрели сложносочиненные предложения трех типов: 1) предложения, в которых имеется хотя бы одно подлежащее, причем хотя бы одно из сказуемых не относится к имеющемуся в предложении подлежащему; 2) предложения, в которых имеются лишь подлежащие и нет сказуемых, и 3) предложения, в которых имеются лишь сказуемые и нет подлежащих, причем в них есть по крайней мере одно сказуемое, которое не выражено глаголом либо 1-го или 2-го лица, либо глаголом 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголом во множественном числе), при условии, что другое сказуемое таким глаголом выражено. Рассмотрим теперь сложносочиненные предложения четвертого типа — предложения, в которых нет подлежащих и все сказуемые выражены глаголами 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголами во множественном числе).

Возьмем два предложения:

При раскопках нашли клад старинных монет и передали его в музей.

Испорченную радиолу принесли в мастерскую, и там ее починили.

В обоих предложениях нет подлежащих и сказуемые выражены глаголами во множественном числе. В этих случаях, как было сказано, распознавательный признак такой: если производителями действий являются одни и те же лица, то предложение простое с однородными членами, если же разные, то сложносочиненное. Проверяем предложения на наличие этого признака. В первом предложении производителями действий являются одни и те же лица (они и нашли клад, и передали его в музей), во втором же предложении — разные (принесли радиолу в мастерскую ее владельцы, а починили мастера). Следовательно, первое предложение простое, а второе сложносочиненное, и перед *и* во втором предложении нужна запятая.

Может показаться, что признак «производителями действий являются разные лица» неоднозначен: один, прочтя предложение, подумает, что разные лица, другой — что одни и те же. Однако это не так. Человек, имеющий дело с текстом, может находиться в позиции либо пишущего, либо читающего. Когда человек пишет, то он

³⁶⁶ Здесь и ниже мы всюду исходим из того (не оговаривая это всякий раз), что в предложении имеются сочинительные союзы или его части связываются соединительной интонацией. Это важный признак сложносочиненных предложений в отличие от сложноподчиненных.

точно знает, какую мысль он хочет выразить и кто является производителем действий. Если производителями действий являются разные лица, то он это выразит при помощи запятой, поставив ее перед соответствующим союзом, если же одни и те же лица, то он запятой не поставит. Наличие или отсутствие запятой, таким образом, однозначно выражает его мысль. С другой стороны, для читателя наличие или отсутствие запятой является совершенно однозначным показателем того, в каком смысле надо понимать предложение. Если запятая есть, то, значит, производители действий — разные лица (запятая ставится, чтобы сообщить эту информацию), если запятой нет — то одни и те же лица. И никакой неясности в понимании предложения здесь возникнуть не может. Некоторые затруднения возникают только в процессе написания диктанта. Но диктант — это искусственная ситуация, которая создается специально в учебных целях. В самом деле, воспринимая на слух предложение *При раскопках нашли клад старинных монет и передали, его в музей*, один может подумать, что производителями действий являются одни и те же лица, а другой, — что разные. Но это говорит только о том, что в устной речи, если имеет значение информация о том, являются ли производителями действий одни и те же или разные лица (а контекст на это не указывает), следует избегать предложений такой конструкции. Такие предложения могут оказаться двусмысленными. В письменной же речи эта двусмысленность устраняется при помощи знаков препинания: постановки или непостановки запятой. Если в диктанте такие предложения все же используются, то необходимо указывать учащимся, какая мысль содержится в предложении, кто является производителем действий. Ведь цель диктанта — не проверка того, как ученик угадывает, какая мысль содержится в двусмысленном по своей конструкции предложении, а проверка того, как ученик умеет выразить на письме **т о ч н о з а д а н н у ю** мысль.

Сведем все признаки воедино и составим логическую схему признаков сложносочиненного предложения.

Признаки сложносочиненного предложения

Предложение является сложносочиненным, если

I.

1) в нем есть подлежащее (или несколько подлежащих)

и

2) есть сказуемое (или несколько сказуемых)

и

3) хотя бы одно из сказуемых не относится к имеющемуся в предложении подлежащему

ИЛИ

II.

1) в нем есть не менее двух подлежащих

и

2) нет сказуемых

ИЛИ

III.

1) в нем нет подлежащих

и

2) не все сказуемые выражены глаголами только 1-го или только 2-го лица

и

3) не все сказуемые выражены глаголами 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголами во множественном числе)

ИЛИ

IV.

1) в нем нет подлежащих

и

2) все сказуемые выражены глаголами 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголами во множественном числе)

и

3) производителями действий являются разные лица.

Простые предложения внутри сложносочиненного могут быть соединены либо сочинительными союзами, либо интонацией.

Опишем символически логическую структуру признаков сложносочиненного предложения, для чего обозначим признаки сложносочиненного предложения следующим образом:

в предложении есть подлежащее (одно или более) — *a*,

в предложении есть не менее двух подлежащих — *b*,

в предложении есть сказуемое (одно или более) — *c*,

хотя бы одно из сказуемых не относится к имеющемуся в предложении подлежащему — d ,
 все сказуемые выражены глаголами 1-го или 2-го лица — e ,
 все сказуемые выражены глаголами 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголами во множественном числе) — f ,
 производителями действий являются одни и те же лица — g ,
 простые предложения внутри сложного соединены сочинительными союзами — h ,
 простые предложения внутри сложного соединены интонацией — p ,
 сложносочиненное предложение обозначим через *Сл-соч*.

Тогда логическую структуру признаков сложносочиненного предложения на языке логики предикатов можно описать так:³⁶⁷

$$[(a(x) \& c(x) \& d(x)) \vee (b(x) \& \overline{c(x)}) \vee (\overline{a(x)} \& \overline{e(x)} \& \overline{f(x)}) \vee (\overline{a(x)} \& e(x) \& \overline{g(x)})] \& (h(x) \vee p(x)) \overline{Df} \text{ Сл} - \text{соч}(x),$$

На языке логики высказываний то же самое можно выразить так:

$$[(a \& c \& d) \vee (b \& \bar{c}) \vee (\bar{a} \& \bar{e} \& \bar{f}) \vee (\bar{a} \& e \& \bar{g})] \& (h \vee p) \overline{Df} \text{ Сл} - \text{соч}.$$

Покажем признаки сложносочиненного предложения на схеме другого вида (см. таблицу).

Поскольку сложносочиненные предложения могут определяться различными комплексами признаков, разделим сложносочиненные предложения условно на типы (или разновидности), как мы это сделали с определенно-личными предложениями. Каждый тип (разновидность) обозначим соответствующей римской цифрой.

Структура признаков сложносочиненного предложения, как мы видим, такая же, как и структура признаков «посыльного»: признаки объединены в группы (сочетания); каждое из сочетаний является достаточным, но не необходимым; признаки внутри каждого из сочетаний — необходимые (для достаточности этого сочетания).

Среди указанных признаков нет признаков, которые приводятся в определениях сложного (и сложносочиненного) предложений в учебнике, и, наоборот, имеются такие, которые в определениях не указываются и которым обычно не учат. Это приводит к тому, что логика рассуждения при распознавании сложносочиненного предложения по предложенным нами признакам является принципиально отличной от той, которая вытекает из указанных в учебнике признаков и которой в большинстве случаев обучают.

Обычная логика рассуждения такова: если некоторое предложение x состоит из двух или более, простых предложений, то значит оно сложное. При этом остается неясным, как же узнать, состоит ли данное предложение из двух или более простых предложений или не состоит. То, что является посылкой и принимается в качестве известного, на самом деле является неизвестным, и удовлетворительного метода определения, выявления этого неизвестного (состоит или не состоит данное предложение из двух или более простых предложений) не дается.

Логика, которую мы предлагаем, является иной. Анализ начинается не с узнавания того, состоит или не состоит данное предложение из простых, а с определения того, сложное ли оно. В основе нашего подхода лежит обратное рассуждение: если данное предложение x сложное (а точные признаки сложного предложения указываются, дается метод его распознавания), то, значит, оно состоит из двух или нескольких простых.

Следовательно, то, что при общепринятой логике анализа предложений является исходным пунктом рассуждения («предложение состоит из двух или более простых предложений»), здесь является заключением, следствием.

При действующей методике обучения для того, чтобы определить, является ли данное предложение сложным, надо сначала определить, состоит ли оно из двух или более простых предложений (это указывается в качестве признака сложных предложений). По нашей методике этого делать не надо. Вопрос о том, является ли данное предложение сложным, решается другим путем, на основе определенной системы однозначных признаков, указанных выше. А состоит ли предложение из двух или более простых предложений или не состоит — это непосредственно получается в качестве следствия.

³⁶⁷ Под x имеются в виду некоторые (какие-то) предложения.

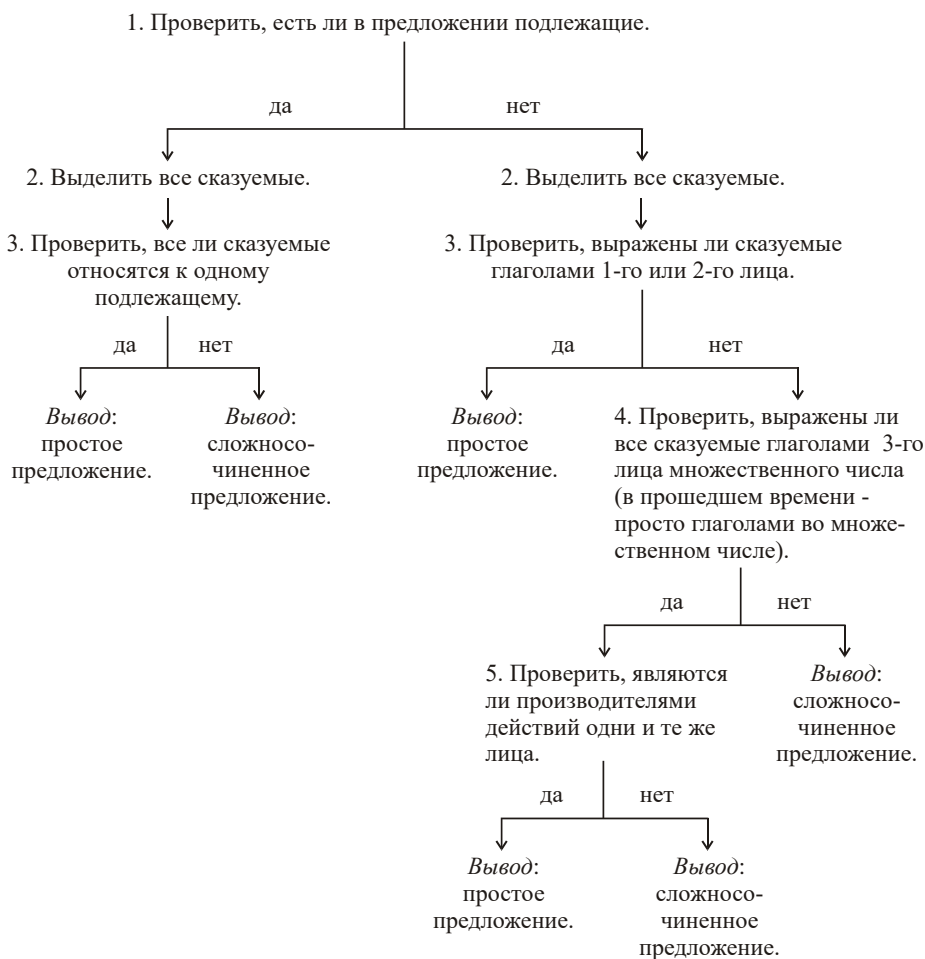
Тип предложения	Признаки							
	В предложении есть подлежащее (или несколько подлежащих)	В предложении есть не менее двух подлежащих	В предложении не менее двух (или несколько сказуемых)	Хотя бы одно из сказуемых не относится к имеющемуся в предложении подлежащему	Все сказуемые выражены глаголами только 1-го или только 2-го лица	Все сказуемые выражены глаголами 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени - простыми глаголами во множественном числе)	Производителями действий являются одни и те же лица	Простые предложения внутри сложного соединены сочинительным союзом или интонацией
Сложносочиненное (I)	+		+	+				+
Сложносочиненное (II)		+	—					+
Сложносочиненное (III)	—		+		—	—		+
Сложносочиненное (IV)	—		+			+	—	+

Предлагаемый нами метод дает возможность не только с высокой степенью надежности распознавать тип предложения (сложное оно или простое), но оказывается и более рациональным, чем обычный. В самом деле, если идти обычным путем, то надо искать простые предложения во в с е х предложениях, в том числе и в простых: ведь человек не знает, каким окажется встретившееся предложение — простым или сложным. Сложным может оказаться любое предложение. Если же идти нашим путем, то надобности искать простые предложения внутри каждого предложения нет. Поиск простых предложений внутри данного начинается только тогда, когда человек наверняка знает, что они в нем есть. А знает он это потому, что он установил, что, это предложение сложное. При нашем методе человек должен искать простые предложения внутри данного только тогда, когда они там действительно есть, в первом же случае он должен их искать и тогда, когда их там нет. Установить же, что в данном предложении простых предложений нет, что искать их было не надо, он может лишь после того, как он попытался их найти и не нашел.

Приведенные выше схемы, указывая признаки, достаточные для распознавания сложносочиненных предложений в отличие от простых с однородными членами, тем не менее не указывают целесообразной последовательности действий по проверке этих признаков, не задают рационального алгоритма распознавания.

На основании соображений, аналогичных тем, которые были приведены при составлении алгоритма распознавания видов простых предложений (см. главу XVI), можно предложить следующий алгоритм распознавания типов предложений (алгоритм установления того, сложносочиненным или простым с однородными членами является данное предложение).

Схема действий по распознаванию типа предложения³⁶⁸
(сложносочиненное или простое с однородными членами)
Чтобы определить тип предложения, надо:



³⁶⁸ Поскольку сложносочиненные предложения II типа (состоящие из одних назывных) встречаются крайне редко, в целях упрощения алгоритма признаки этого типа в него не включены. В целях упрощения алгоритма мы также не включаем в него признак, что простые предложения внутри сложносочиненного соединены сочинительными союзами или интонацией, вынося этот признак как бы «за скобку».

Заметим, что практически обычно не встречается случаев, когда учащиеся предложения типа *Иду и пою* принимают за сложные. Исходя из этого, алгоритм распознавания типов предложений можно упростить, исключив из него одну операцию. Тогда алгоритм будет иметь вид:

Схема действий по распознаванию типа предложения³⁶⁹

(сложносочиненное или простое с однородными членами)

Чтобы определить тип предложения, надо:



Приведенный алгоритм рациональным образом решает подавляющее большинство задач на распознавание типов предложений и поэтому может рассматриваться как практически достаточно хороший алгоритм.

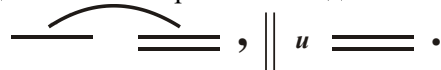
Возникает вопрос, можно ли этот алгоритм еще более упростить, сделать его еще более рациональным, уменьшив количество встречающихся в нем операций. Как показывает анализ, при данных признаках этого сделать нельзя. Правда, здесь, как и в случае алгоритма распознавания видов простых предложений, один путь упрощения остается — это уменьшение количества признаков, посредством которых описываются типы предложений и их разновидности. Если это удастся сделать (пока не видно, как это можно сделать), то алгоритм можно будет еще более упростить. Если же этого сделать не удастся и другие, более «экономные» признаки сложносочиненных предложений в отличие от простых предложений с однородными членами найдены не будут, то приведенный алгоритм можно считать наиболее рациональным.

Особенностью изучения этой темы в отличие от других являлось то, что отдельные признаки сложносочиненных предложений формулировались не только на естественном языке, но и изображались графически специальными символами; при этом работа велась главным образом с признаками, изображенными графически.

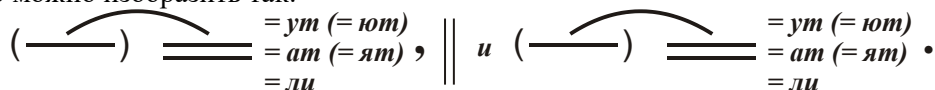
Покажем, как приведенные выше признаки можно изобразить графически. Обозначим подлежащее одной чертой, сказуемое двумя чертами, то обстоятельство, что сказуемое относится к подлежащему, — дужкой, а то, что не относится, — двумя вертикальными черточками. Тогда первый достаточный

³⁶⁹ Именно этот алгоритм был приведен в нашей статье [271].

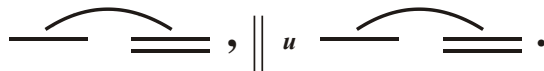
признак сложносочиненного предложения изображен наглядно так³⁷⁰:



Здесь сразу видно, что в предложении есть подлежащее и одно из сказуемых к нему не относится. Или мы возьмем, к примеру, IV достаточный признак (т. е. признаки IV типа сложносочиненного предложения). Его можно изобразить так:



Если черта, символизирующая подлежащее, взята в скобки, то это значит, что подлежащего в предложении нет, но его можно мыслить и формально «вставить»³⁷¹. Дужки, связывающие сказуемые с мыслимыми подлежащими, показывают, что эти сказуемые относятся к различным мыслимым подлежащим, т. е. что производителями действий являются разные лица. Между прочим, схематическое изображение признаков показало, что IV признак можно представить как одну из модификаций I признака, а именно:



Различие состоит лишь в том, что в предложениях, которые «подпадают» под I признак, подлежащие имеются реально, здесь же они «мыслятся». Важно, однако, что, после того как эти подлежащие будут мысленно вставлены, структуры предложений полностью совпадают. Без схематического изображения признаков увидеть это трудно, обнаружение же этого обстоятельства значительно облегчает усвоение системы признаков, так как количество структур предложений, которые надо запомнить, уменьшается.

Признаки сложного предложения являются, по существу, признаками структурно-грамматическими. Предложение является сложным или простым в зависимости от его грамматической структуры. Говоря другими словами, грамматические структуры, предложений и являются их признаками. Преимущество графического изображения подобного рода признаков, в частности, состоит в том, что оно дает возможность наглядно показать структуру предложений и тем самым изобразить признаки.

Опишем основные этапы изучения темы «Сложносочиненное предложение», приводя выдержки из протоколов уроков.

§ 2. ОПИСАНИЕ ХОДА УРОКОВ (ОСНОВНЫЕ ФРАГМЕНТЫ)

1. Сложносочиненные предложения I типа

Одно из первых заданий, которое было дано учащимся при изучении этой темы, состояло в том, чтобы из двух или трех простых предложений образовать одно сложное. Такое задание обычно рекомендуется в методиках и является очень полезным, так как показывает учащимся «механизм» образования сложных предложений из простых. После выполнения этого задания учитель характеризует виды сложных предложений (предложения сложносочиненные и сложноподчиненные), рассказывает о способах связи простых предложений внутри сложного и рассматривает некоторые другие вопросы (такая работа обычно проводится на уроках). После того как учащиеся поупражнялись в самостоятельном образовании из двух или нескольких простых предложений одного сложного, учитель ставит перед ними обратную задачу:

Учитель. Представим себе, что перед нами какое-то предложение и нам нужно определить, какое оно: простое или сложносочиненное. Что нужно знать, чтобы их различить?

Ученик. Надо знать признаки простых и сложных предложений?

Учитель. Сейчас мы и займемся выяснением этих признаков.

При изучении темы «Сложносочиненное предложение» учитель опирался на те знания и операции, которые были сформированы у учащихся при прохождении ими темы «Однородные члены предложения». Учащиеся знали, что важнейшим признаком однородных членов является отнесенность их к одному и тому же члену предложения, они владели определенной системой анализа предложения («Сначала выдели все подлежащие; затем —

³⁷⁰ Союз *и* здесь используется как представитель любого сочинительного союза. Как известно, сложносочиненные предложения могут быть и бессоюзными. Но поскольку более частотными являются союзные сложносочиненные предложения, в схему включен союз.

³⁷¹ Хотя, по существу, как подчеркивалось выше, подлежащие в подобного рода предложения (речь шла о неопределенно-личных предложениях) вставить нельзя; подлежащие изменяют их смысл, делают их предложениями другого вида.

все сказуемые; затем проверь: всели сказуемые относятся к одному и тому же подлежащему; имеются ли при каждом из подлежащих однородные члены; имеются ли такие члены при каждом из сказуемых; затем — при второстепенных членах предложения»).

Выявление признаков сложносочиненных предложений (в отличие от простых с однородными членами) начиналось с рассмотрения двух предложений:

Холодный ветер дул по-прежнему и нисколько не ослабевал.

Холодный ветер дул по-прежнему, и нисколько не ослабевал мороз.

Учащиеся устанавливают, что в первом предложении оба сказуемые (*дул* и *не ослабевал*) относятся к одному и тому же подлежащему, и поэтому они однородные, во втором — к разным (*дул ветер*, а не *ослабевал мороз*).

Учитель. Могут ли быть два сказуемых однородными, если они не относятся к одному и тому же подлежащему, т. е. если у них отсутствует один из необходимых признаков однородности?

Ученик. Нет, не могут.

Учитель. Если предложения, в которых все сказуемые относятся к одному и тому же подлежащему, являются простыми с однородными членами, то какими, по вашему мнению, являются предложения, в которых сказуемые не относятся к одному и тому же подлежащему?

Ученик. Они являются сложными.

Учитель. Правильно. Предложение, в котором имеется подлежащее (или несколько подлежащих) и хотя бы одно из сказуемых не относится к тому же подлежащему, что и другое (или другие), является сложным. Это один из его достаточных признаков.

Как узнать, каким именно является данное сложное предложение: сложносочиненным или сложноподчиненным? На что надо обратить внимание?

Ученик. На союз и на интонацию.

Учитель. Верно. Мы с вами уже говорили о том, что если в сложном предложении имеется сочинительный союз или если части предложения соединяются соединительной интонацией, то такое сложное предложение является сложносочиненным; если же в предложении имеется подчинительный союз, то предложение является сложноподчиненным³⁷². Так как мы с вами будем иметь дело пока только со сложносочиненными предложениями, то, чтобы не усложнять схему, мы последний признак (наличие сочинительного союза или соединительной интонации) вписывать в нее не будем, постоянно имея этот признак в виду³⁷³. Затем признаки записываются на доске.

Признаки сложносочиненных предложений I типа

Предложение является сложносочиненным, если

I. 1) в нем есть подлежащее (или несколько подлежащих),

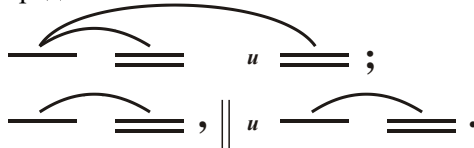
и

2) есть сказуемое (или несколько сказуемых),

и

3) хотя бы одно из сказуемых не относится к имеющемуся¹ в предложении подлежащему.

После этого учитель показывает учащимся, как можно изобразить структуры предложений схематически. Схемы разобранных предложений таковы:



Затем учитель переходит к выяснению порядка действий при распознавании типа предложений. Как только признаки выявлены, сразу определяется метод оперирования ими.

Учитель. Что же надо делать для того, чтобы, встретив предложение, определить, сложное оно или простое? Каков должен быть порядок действий по распознаванию типа предложения?

Ученик. 1-е. Надо проверить, есть ли в предложении подлежащие.

Если да, то

2-е. Выделить все сказуемые.

³⁷² Бессоюзные сложноподчиненные предложения пока не рассматриваются.

³⁷³ Последнее вызвано тем, что, как мы видели, существуют несколько типов сложносочиненных предложений, у каждого из которых имеется этот признак. После того как будут составлены признаки всех типов сложносочиненных предложений, его будет целесообразно записать отдельно, указав, что он относится ко всем типам предложений, ко всем группам признаков.

3-е. Определить, все ли сказуемые относятся к одному подлежащему.

Если да, то предложение простое.

Если нет, то сложное.

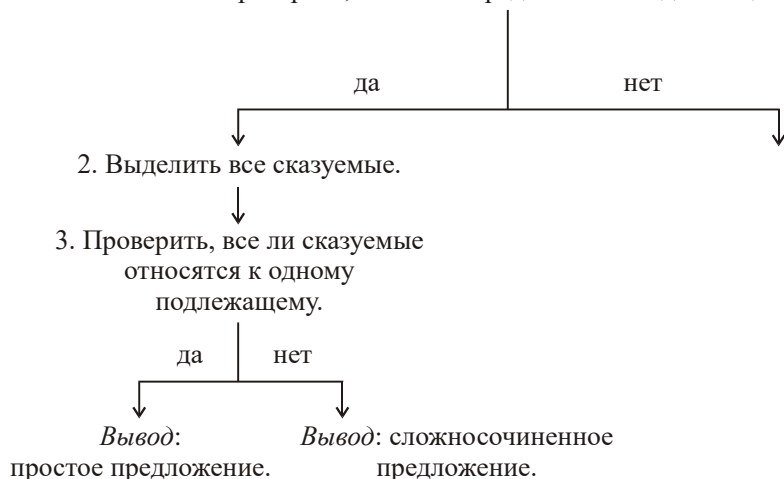
У ч и т е л ь . Запишем сказанное в виде схемы действий. Чертится схема:

Схема действий по распознаванию типа предложения

(сложносочиненное или простое с однородными членами)

Чтобы определить тип данного предложения, надо:

1. Проверить, есть ли в предложении подлежащие.



Перед тем как перейти к тренировке в распознавании типов предложений, учитель подчеркивает, что определить, к чему относится сказуемое, легче, и д я о т с к а з у е м о г о к п о д л е ж а щ е м у , ставя вопрос от глагола (если сказуемое выражено глаголом). Надо от к а ж д о г о из сказуемых поставить вопрос, к т о произвел действие (или о чем утверждает данное сказуемое).

На примере второго предложения (*Холодный ветер дул по-прежнему, и нисколько не ослабевал мороз*) учитель показывает учащимся также, как важно выделять в предложении все подлежащие. Если не ставить своей задачей выделять в предложении все подлежащие, то подлежащее *мороз* можно просто не заметить и подумать, что сказуемое *не ослабевал* относится к слову *ветер*, тем более что *не ослабевал* с подлежащим *ветер* согласуется и подходит к нему по смыслу. А это привело бы к ошибке. Сложное предложение было бы принято за простое. Так часто и бывает, когда учащиеся не выполняют точно всех тех операций, которые указаны.

Затем, используя приведенные выше признаки сложносочиненных предложений и применяя все необходимые операции, учащиеся упражняются в распознавании типов предложений и расстановке знаков препинания. Для тренировки учащимся даются пары предложений, одно из которых простое с однородными членами, другое сложносочиненное.

Тренируя учащихся в распознавании сложносочиненных предложений I типа в отличие от простых с однородными членами, экспериментатор начал отрабатывать элементы будущего алгоритма. В процессе обучения алгоритм складывается по частям, формируется по элементам.

Вот некоторые из предложений, которые использовались при тренировке:³⁷⁴

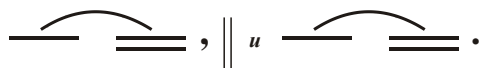
1. *Звуки рожка совсем замирали и через некоторое время снова слышались в середине леса.* 2. *Звуки рожка совсем замерли, и через некоторое время послышались голоса.* 3. *За деревней находилось окруженное ветлами озеро, и небольшой лес, поросший кустарником, рос невдалеке.* 4. *За деревней находилось окруженное ветлами озеро и небольшой лес, поросший кустарником*³⁷⁵. 5. *Гудела машина и заглушала голос мастера.* 6. *Гудела машина, и голос мастера был заглушён.*

Как можно заметить, все сложносочиненные предложения, включенные в это упражнение, имеют такую структуру³⁷⁶:

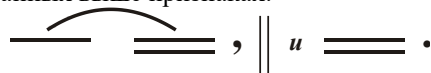
³⁷⁴ Напомним, что предложения давались учащимся без знаков препинания.

³⁷⁵ На особые случаи согласования подлежащего и сказуемого учитель обращает внимание учащихся при изучении темы «Подлежащее».

³⁷⁶ Порядок следования подлежащих и сказуемых в схемах не учитывается. Это для определения типа предложения не важно.



Каждое из сказуемых, не относясь к одному из подлежащих, обязательно относится к другому, т. е. у каждого сказуемого «свое» подлежащее. Как мы говорили выше, такая структура является частным случаем более общей структуры, отраженной в указанных выше признаках:

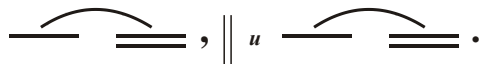


Общим в этих структурах является то, что одно из сказуемых не относится, по крайней мере, к одному из имеющихся подлежащих. Различие же между этими структурами состоит в том, что в предложениях, имеющих только что изображенную структуру, одно из сказуемых вообще ни к какому подлежащему не относится, оно не имеет «своего» подлежащего.

Таким образом, при изучении сложносочиненных предложений, «подпадающих» под I достаточный признак (см. стр. 382) сложносочиненных предложений, мы шли от более частных (и известных учащимся) случаев к более общим.

Приводим выдержку из протокола урока.

У ч и т е л ь . До сих пор мы с вами рассматривали сложносочиненные предложения, имеющие такую структуру:



В этих предложениях каждое из сказуемых не относилось к одному из подлежащих, но обязательно относилось к другому. Каждое сказуемое имело как бы «свое» подлежащее. Однако такая структура сложносочиненного предложения не единственная.

Возьмем два предложения.

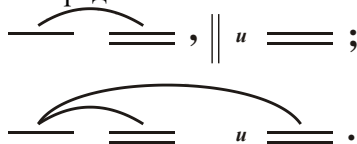
Дети позавтракали, и их стали одевать для прогулки.

Дети позавтракали и стали одеваться для прогулки.

Произведите все необходимые операции, составьте схему каждого предложения и определите по признакам, какое оно: простое или сложносочиненное³⁷⁷.

Учитель не дает учащимся схему новой разновидности сложносочиненного предложения готовой, а предлагает, пользуясь известными им операциями, составить такую схему самостоятельно.

Учащиеся составляют схемы этих предложений:

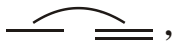


На схеме сразу видно, что в первом предложении второе сказуемое не относится к подлежащему, и поэтому это предложение сложносочиненное. Во втором же предложении оба сказуемых относятся к одному и тому же подлежащему, и поэтому оно простое.

У ч и т е л ь . Каковы виды простых предложений, из которых состоит наше сложносочиненное предложение?

У ч е н и к . Первое предложение определено-личное, второе — неопределенно-личное.

Как мы видим, вопрос о том, каковы виды простых предложений, из которых состоит данное сложносочиненное предложение, задается учащимся п о с л е того, как они определили, что данное предложение является сложносочиненным, и расставили знаки препинания. Определение видов простых предложений не является условием распознавания типа предложения (тип предложения учащиеся распознали, не прибегая к определению видов простых предложений). Определение видов простых предложений имеет, так сказать, «общеобразовательное» значение.

У ч и т е л ь . Может ли сложное предложение, имеющее структуру: , состоять из простых предложений других видов?

У ч е н и к . Да, может. Сложносочиненное предложение такой структуры может состоять из определено-личного и безличного предложений.

У ч и т е л ь . Придумайте пример такого предложения.

Учащиеся предлагают примеры.

У ч и т е л ь . Как вы видите, предложение может быть сложным не только тогда, когда каждое из сказуемых относится к какому-нибудь подлежащему, но и тогда, когда одно из сказуемых (а таких сказуемых в предложении может быть несколько) вообще ни к какому подлежащему не относится. Но это для нас не столь важно. Для того чтобы определить, что данное предложение сложное, достаточно

³⁷⁷ Учитель еще раньше указал учащимся, что «операция» — это действие и что в тех случаях, когда стилистически неудобно употреблять слово «действие», он будет употреблять слово «операция».

установить, что какое-либо из сказуемых не относится к подлежащему, которое имеется в предложении. А относится оно к какому-либо другому подлежащему или не относится — это для определения типа предложения значения не имеет.

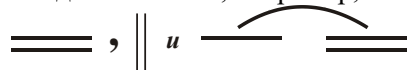
После этого учитель тренирует учащихся в распознавании типов предложений. При тренировке, как и раньше, особое внимание уделяется правильной последовательности действий.

Вот некоторые из предложений, которые были использованы при проведении тренировки:

1. *Все замерло и затихло.* 2. *Все замерло, и стало тихо.* 3. *Им отвели квартиру, и они поселились в ней.* 4. *Они получили квартиру и поселились в ней.* 5. *Уже светало, и небо на востоке с каждой минутой меняло свою окраску.* 6. *Пальто было мне немного мало, и покупать его явно не стоило.* 7. *Пальто было из простой ткани и стоило недорого.* 8. *Ему стало холодно, и он поднял воротник.* 9. *Мальчику достали интересную книгу, и он с увлечением стал ее читать.* 10. *Мальчик достал интересную книгу и с увлечением стал ее читать.*

После выполнения этого упражнения учащимся даются упражнения иных типов, цель которых — научить учащихся не только распознавать предложения на основе известных признаков, но и самостоятельно их конструировать.

Первый тип упражнений: по данной схеме, например,



придумать предложение.

Второй тип упражнений таков. Учащимся дается определенно-личное предложение и глагол в неопределенной форме. Надо составить два предложения так, чтобы одно из них было сложносочиненным, другое — простым с однородными членами.

Например, учащимся дается предложение и глагол: *Я узнал о новой книге. Достать.*

Можно составить такие два предложения:

Я узнал о новой книге, и вскоре мне удалось ее достать.

Я узнал о новой книге и вскоре достал ее³⁷⁸.

Приведем пример работы над предложением при выполнении одного из упражнений по распознаванию типа предложения.

Руководя тренировочными упражнениями при изучении предыдущих тем, учитель задавал вопросы преимущественно о том, что и в какой последовательности надо делать, чтобы решить грамматическую задачу. Этот тип вопросов является основным и здесь. Учитель ничего не подсказывает учащимся, ничего за них не решает. Он только постоянно фиксирует их внимание на операциях и их последовательности. Выполняя эти операции, учащиеся отрабатывают элементы будущего алгоритма. Обучение ведется так, что этот алгоритм, как уже говорилось, складывается постепенно, формируется по частям.

Разбирается предложение *Им отвели квартиру, и они поселились в ней.*

Учитель. Что надо сделать прежде всего, чтобы определить тип предложения?

Ученик. Надо выделить в предложении все подлежащие (Выделяется подлежащее *они*).

Учитель. Что надо сделать после этого?

Ученик. Выделить все сказуемые. (Выделяются сказуемые *отвели* и *поселились*.)

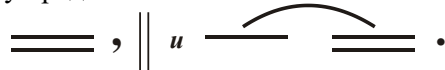
Учитель. Что надо сделать теперь?

Ученик. Проверить, все ли сказуемые относятся к этому подлежащему.

Учитель. Как это делается?

Ученик. Мы ставим вопрос от сказуемых. Поселились — кто? Они. А отвели квартиру — кто? Они? Нет. Значит, сказуемое *отвели* к подлежащему *они* не относится, это предложение сложное, и перед *и* мы ставим запятую.

Учащиеся составляют схему предложения:



Учитель. Каковы виды простых предложений, из которых состоит это сложносочиненное предложение?

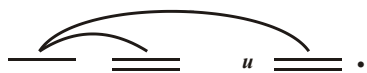
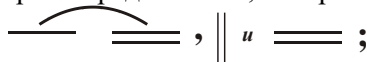
Ученик. Первое предложение — неопределенно-личное, второе — определенно-личное.

До сих пор анализировались такие сложносочиненные предложения, в которых было два или более сказуемых и одно подлежащее. Теперь учитель переходит к другой разновидности предложений I типа. У предложений, относящихся к этой разновидности, имеется два или более подлежащих и одно сказуемое. Никаких новых знаний или операций для того, чтобы распознать эту разновидность предложений, от учащихся не требуется.

³⁷⁸ Упражнения подобного типа рекомендуются в методиках и часто проводятся учителями (см., например, [707]).

Предложения распознаются на основе тех же признаков и той же последовательности операций.

Учитель. Мы с вами разбирали предложения, которые имеют такую структуру:



В этих предложениях было одно подлежащее и два или более сказуемых. А теперь рассмотрим предложения, у которых имеется одно сказуемое и два или более подлежащих; например:

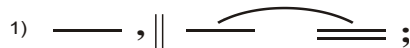


Какими могут быть такие предложения?

Ученик. Они могут быть и сложными, и простыми. Все зависит от того, относится ли сказуемое к одному подлежащему или к обоим.

Учитель. Изобразите схематически, каковы должны быть отношения между подлежащими и сказуемым, чтобы предложение было сложным, и каковы, чтобы оно было простым.

Учащиеся строят следующие схемы:



Учитель. Каковы могут быть виды простых предложений, из которых могут состоять сложносочиненные предложения, имеющие структуры 1) и 2)?

Ученик. Предложение, имеющее структуру 1), может состоять из назывного и определенно-личного предложений, а предложение, имеющее структуру 2), из двух назывных и неопределенно-личного или безличного.

Это записывается на доске следующим образом:

1) назывное, || определенно-личное,

2) назывное, || назывное, || неопределенно-личное или безличное

Знакомя учащихся со сложносочиненными предложениями, в которых имеется одно подлежащее и два или более сказуемых, мы шли следующим путем: учащимся предлагались конкретные предложения, и они должны были выявить их структуру. При ознакомлении же учащихся со сложносочиненными предложениями, в которых имеется одно сказуемое и два или более подлежащих, мы пошли другим путем. На схеме было указано количество подлежащих и сказуемых в предложении, и учащиеся должны были определить, каковы возможные взаимоотношения между этими элементами предложения. Выполнение этого задания требует значительно более высокой степени грамматической и логической абстракции, так как учащимся не дано какого-либо осмысленного предложения, они не видят перед собой ни одного конкретного слова. Они должны оперировать грамматическими абстракциями в «чистом виде». Однако после проведенной ранее работы учащиеся, как показал опыт, справляются с подобными заданиями сравнительно легко. Мы полагаем, что задания подобного типа имеют большое развивающее значение и должны найти свое место в практике обучения.

Учитель. Придумайте примеры каждой разновидности предложений.

Учащиеся придумывают примеры. После этого проводится тренировка в решении обратной задачи — на распознавание предложений.

Приводим некоторые из предложений, которые были использованы в ходе тренировки:

1. *Последние рукопожатия, и автомашины трогаются.* 2. *Автобусы и автомашины трогаются.* 3. *Девятьсот двадцатый год, март — и по аллеям Ташкента сверкает золото ранней сухой восточной весны.* 4. *Еще одно усилие, последний подъем — и мы на вершине.*

Эти предложения разбираются точно так же, как и предыдущие³⁷⁹.

Приведем в качестве примера разбор предложения: *Последние рукопожатия, и автомашины трогаются.*

Учитель. Что мы должны сделать прежде всего?

Ученик. Выделить в предложении все подлежащие.

Выделяются подлежащие: *рукопожатия* и *автомашины*.

Учитель. Что следует делать дальше?

Ученик. Надо выделить все сказуемые. Сказуемое здесь одно: *трогаются*.

Учитель. А дальше?

³⁷⁹ Учитель указывает, что в некоторых случаях простые предложения внутри сложносочиненного могут отделяться не запятыми, а тире. Условия, при которых ставится тире, будут рассматриваться дальше.

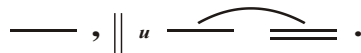
У ч е н и к . Мы смотрим, относится ли сказуемое к обоим подлежащим. Трогаются — кто? Автомашины. Трогаются ли рукопожатия? Нет. Рукопожатия не могут трогаться. К одному подлежащему сказуемое относится, к другому нет. Значит, предложение сложное; перед *и* мы ставим запятую.

У ч и т е л ь . Каковы виды простых предложений, из которых состоит это сложносочиненное предложение?

У ч е н и к . Первое предложение назывное, второе — определено-личное.

У ч и т е л ь . Начертите схему этого сложносочиненного предложения.

Учащиеся чертят схему³⁸⁰:



После того как учащиеся овладеют системой операций по распознаванию сложносочиненных предложений (в отличие от простых с однородными членами), учитель предложит им такие сложносочиненные предложения, в состав которых входят простые предложения с однородными членами. Благодаря этому системы операций, которые были сформированы по отдельности (операции по расстановке знаков препинания в простом предложении с однородными членами; операции по расстановке знаков препинания в сложносочиненном предложении), теперь объединяются в единую систему.

Каков же метод действий при анализе сложносочиненных предложений, состоящих из простых с однородными членами? Он такой же, что и при анализе сложносочиненных предложений, состоящих из простых предложений без однородных членов: выделяются подлежащие, выделяются сказуемые, и затем устанавливается, какие сказуемые к каким подлежащим относятся. Как только связи между подлежащими и сказуемыми установлены и выделены группы каждого сказуемого, сразу становится ясной граница между простыми предложениями.

Общий порядок действий при анализе сложных предложений, состоящих из простых с однородными членами, таков:

1. Сначала устанавливаются границы простых предложений и между предложениями расставляются знаки препинания. Это осуществляется посредством применения общей схемы анализа предложений (выделить подлежащие, сказуемые, определить, какие сказуемые к каким подлежащим относятся).

2. После этого каждое простое предложение рассматривается в отдельности и внутри него расставляются знаки препинания. Это осуществляется на основе схемы действий и правил, изученных в разделе «Однородные члены предложения». Таким образом, операции, которые были сформированы ранее, включаются в новую, более широкую систему операций.

Приведем некоторые из предложений, которые были использованы в процессе тренировки:

1. *Он сел на ступеньке и намылил себе длинные волосы и шею, и вода около него стала коричневой.* 2. *Все в партере, в ложах и райке стали хлопать и кричать изо всех сил, и мужчина остановился и стал улыбаться и кланяться во все стороны.* 3. [Ольга] *Сегодня утром проснулась, увидела массу света, увидела весну, и радость заволновалась в моей душе, захотелось на родину страстно.* 4. *За стеной грохотали и пытели машины, и с каждым их вздохом пароход тяжело и плавно толкала вперед какая-то огромная сила.* 5. *Наконец вошла Екатерина Ивановна в бальном платье, хорошенькая, чистенькая, и Старцев залюбовался и пришел в такой восторг, что не мог выговорить ни одного слова, а только смотрел на нее и смеялся.*

Приведем в качестве примера разбор одного из предложений: *За стеной грохотали и пытели машины, и с каждым их вздохом пароход тяжело и плавно толкала вперед какая-то огромная сила.*

У ч и т е л ь . Что мы должны сделать прежде всего?

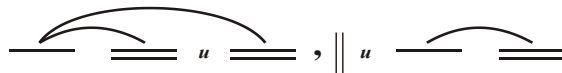
У ч е н и к . Мы должны выделить подлежащие. В этом предложении их два: *машины* и *сила*; затем надо выделить сказуемые.

Выделяются сказуемые *грохотали*, *пытели*, *толкала*.

У ч и т е л ь . Что нужно делать дальше?

У ч е н и к . Установить, какие сказуемые к каким подлежащим относятся: *машины грохотали и пытели*, и *сила толкала*. Предложение сложное.

Составляется схема:



У ч е н и к . Затем надо установить границу простых предложений и расставить знаки препинания между простыми предложениями.

Учащиеся ставят запятую перед вторым *и*.

У ч и т е л ь . Что нужно делать дальше?

³⁸⁰ Разумеется, такое полное, развернутое рассуждение учитель не проводит с учащимися при разборе каждого предложения. Подобное рассуждение проводится в качестве образца на примере одного-двух предложений, а затем учащиеся работают самостоятельно.

У ч е н и к . Нужно по очереди рассмотреть простые предложения и расставить знаки препинания внутри каждого из них. Так как союзы *и*, соединяющие однородные члены внутри простых предложений, не повторяются, запятые перед союзами не нужны.

После того как учащиеся потренируются в расстановке знаков препинания в сложных предложениях, в состав которых входят простые с однородными членами, учитель еще больше усложняет задачу и предлагает сложносочиненные предложения, состоящие не из двух простых, а из трех и более. Эти предложения целесообразно чередовать с простыми предложениями с однородными членами; со сложными предложениями, состоящими из простых с однородными членами, и т. д. Чередовать нужно для того, чтобы учащиеся заранее не знали, какие им встретятся предложения, а открывали бы это самостоятельно, пользуясь известными им операциями. Операции, которыми владеют учащиеся, дают возможность правильно проанализировать любое из таких предложений.

Выполнение этого упражнения должно служить целям обобщения и синтеза всех изученных до сих пор операций.

Вот некоторые из предложений, использованных при тренировке:

1. *Ревела буря, дождь шумел, во мраке молнии сверкали, и беспрерывно гром гремел, и ветры в дебрях бушевали.* 2. *Офицеры не без удивления смотрели на толстую громадную фигуру Пьера и слушали его рассказы о Москве и о расположении наших войск, которые ему удалось объездить.* 3. *Второй уже день он мучился лихорадкой, и в это самое время его знобило и ломало.* 4. *Умолкнет день, пройдут года, мы постареем вдвое, втрое, и будет сложена тогда легенда-сказка о герое.* 5. *Было красиво и тихо повсюду, и Семка смутился.* 6. *Первые пятнадцать лет XIX столетия в Европе представляют необыкновенное движение миллионов людей. Люди оставляют свои обычные занятия, стремятся с одной стороны Европы в другую, грабят, убивают один другого, торжествуют и отчаиваются, и весь ход жизни на несколько лет изменяется и представляет усиление движения, которое сначала идет возрастающая, потом убывающая.*

До сих пор анализировались предложения, в которых были либо пары согласующихся главных членов, либо одно подлежащее и два или более сказуемых, либо одно сказуемое и два или более подлежащих. Теперь учитель переходит к рассмотрению структуры таких предложений, в которых имеется одно подлежащее и одно сказуемое и сказуемое к подлежащему не относится. Вот схема подобных предложений:

— , || " == .

Выпишем все рассмотренные структуры предложений одна под другой.

- 1) — , || " == ;
- 2) — — , || " == ;
- 3) — — , || " — — .

Общим для всех этих структур является то, что в предложениях любой структуры имеются подлежащие и сказуемые и хотя бы одно из сказуемых не относится к какому-либо из подлежащих. Вот почему сложносочиненное предложение, имеющее любую из этих структур, может быть распознано на основе признаков, указанных выше. В предложении со структурой 1 сказуемое, не относясь к имеющемуся в предложении подлежащему, вообще ни к какому подлежащему не относится. Более того, в предложении нет сказуемого, которое бы относилось к какому-либо подлежащему. В предложениях со структурой 2 такое сказуемое уже есть. В предложениях же со структурой 3 и второе сказуемое относится к определенному подлежащему.

Учащихся можно было бы вообще не знакомить с разновидностями структур сложносочиненных предложений I типа, так как приведенные выше признаки дают возможность распознать сложносочиненное предложение любой из рассмотренных структур. Чтобы признать какое-либо предложение сложным, достаточно установить, что одно из сказуемых не относится к какому-либо из имеющихся в предложении подлежащих. А относится ли оно к другому подлежащему и есть ли при подлежащем, к которому не относится данное сказуемое, какое-либо другое сказуемое,— все эти вопросы для определения типа предложения (сложное или простое) значения не имеют. Мы, однако, считали необходимым ознакомить учащихся с разновидностями структур предложений, так как это имеет значение для развития общей языковой культуры и логического мышления. Ученик, знающий, как строится предложение, какие существуют варианты во взаимоотношениях его элементов, будет не только лучше понимать и чувствовать речь,— он будет уметь ее сознательно строить, будет владеть разнообразными способами выражения мыслей, сможет отбирать лучшие варианты.

Опишем, как шло ознакомление учащихся с последней разновидностью сложносочиненных предложений I типа.

У ч и т е л ь . Мы с вами разбирали предложения, имеющие такие структуры:



Ученик. Это назывное предложение.

Учитель. А теперь представим себе, что мы встретили предложение, у которого не одно подлежащее, а два или больше и нет ни одного сказуемого³⁸¹:

Каким будет такое предложение?

Ученик. Сложным, состоящим из назывных.

Учитель. Придумайте примеры таких предложений. (Учащиеся придумывают примеры) Можно ли сложносочиненное предложение, состоящее из одних подлежащих, распознать на основе признаков, которые мы записали?

Ученик. Нет.

Учитель. Почему?

Ученик. Потому что в этих признаках указано, что одно из сказуемых не должно относиться к какому-либо из подлежащих, а здесь сказуемых вообще нет.

Учитель. Правильно. Подобно тому как определено-личное предложение II типа нельзя распознать на основе признаков определено-личного предложения I типа, подобно этому сложносочиненные предложения, в которых имеются только одни подлежащие, нельзя распознать на основе признаков, предполагающих наличие в предложении также и сказуемых. Для такого типа сложносочиненных предложений необходимо указать свои признаки. Каковы же будут признаки этого типа сложносочиненных предложений?

Ученик. В предложении имеются два или несколько подлежащих и нет сказуемых.

Учитель. Каким союзом связаны признаки?

Ученик. Союзом *и*.

Учитель. Запишем эти признаки.

Признаки записываются.

Признаки сложносочиненных предложений II типа

II. 1) В нем есть не менее двух подлежащих

и

2) нет сказуемых.

Учитель. Каким союзом следует связать группы признаков сложносочиненного предложения I типа и сложносочиненного предложения II типа?

Ученик. Союзом **или**.

Учитель. Впишем этот союз в нашу схему.

После вписывания союза схема приобретает вид:

Общая схема признаков сложносочиненных предложений

Предложение является сложносочиненным, если

I. 1) в нем есть подлежащее (или несколько подлежащих)

и

2) есть сказуемое (или несколько сказуемых)

и

3) хотя бы одно из сказуемых не относится к имеющемуся в предложении подлежащему

ИЛИ

II. 1) в нем есть не менее двух подлежащих

и

2) нет сказуемых.

Учитель. Как мы видим, признаки сложносочиненных предложений «организованы» так же, как признаки «посыльного» и как признаки определено-личных предложений. Признаки сложносочиненных предложений I типа — это как бы признаки «Ивана Ивановича», а признаки сложносочиненных предложений II типа — это как бы признаки «Петра Петровича».

После того как признаки записаны, учащимся дается несколько предложений для тренировки типа: *Вьюга, пурга, холод. Идти все трудней и трудней*. Сложносочиненные предложения, состоящие из одних назывных, встречаются довольно редко, но все же встречаются. Например, у Некрасова: *Деревья, и солнце, и тени, и мертвый могильный покой*.

³⁸¹ Учащиеся знают, что при главных членах могут быть второстепенные, которые не влияют на тип предложений (сложное, простое), и поэтому в схему не включаются.

3. Сложносочиненные предложения III типа

После того как изучены сложносочиненные предложения, в которых имеются только одни подлежащие (иногда с зависимыми второстепенными членами), учитель переходит к изучению сложносочиненных предложений, в которых имеются только одни сказуемые (часто также с зависимыми второстепенными членами).

Учитель. Мы с вами рассматривали предложения, в которых есть одно подлежащее и одно сказуемое: $\text{---}, \parallel \text{---}$. Затем мы с вами рассматривали предложения, в которых есть только подлежащие: $\text{---}, \parallel \text{---}$. Теперь мы рассмотрим предложения, в которых имеются только сказуемые:

$\text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}$

Какими бывают простые предложения, в которых имеются лишь сказуемые и нет подлежащих?

Ученик. Они бывают определенно-личными II типа, неопределенно-личными и безличными.

Учитель. Теперь рассмотрим, какими могут быть предложения, состоящие из двух сказуемых: простыми или сложными? Придумайте предложения, в которых нет подлежащего и все сказуемые выражены глаголами только 1-го или только 2-го лица.

Учащиеся предлагают предложения типа *Иду и пою, Лежишь и думаешь*.

Учитель. Какими являются эти предложения?

Ученик. Это — простые предложения с однородными членами.

Учитель. Почему?

Ученик. Потому что оба сказуемых относятся к одному подлежащему, которое можно вставить в предложение:

(Я) *иду и пою*,

(Ты) *лежишь и думаешь*.

Учитель. Составьте схему этих предложений.

Учащиеся составляют схему:

$(\text{---}) \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}$
 $\text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}$
 $\text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}$

Учитель подчеркивает, что эта схема — частный случай известной уже схемы:

$\text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}$

Учитель. Мы рассмотрели случай, когда в предложении нет подлежащих и все сказуемые выражены глаголами 1-го или 2-го лица. Возникает вопрос, каким будет предложение, в котором не все сказуемые выражены глаголами только 1-го или только 2-го лица. Чтобы ответить на него, рассмотрим два предложения:

Иду по широкому полю и дышу полной грудью.

Иду по широкому полю, и так легко дышится.

Какие это предложения?

В предыдущем случае признаки типов предложений можно было вывести дедуктивным путем (предложение, в котором имеются два или несколько подлежащих и нет сказуемых, является сложным, состоящим из назывных). В данном случае признаки дедуктивно вывести нельзя, и поэтому учащимся снова даются примеры, анализ которых даст возможность открыть такие признаки.

Это, в частности, показывает, как выбор тех или иных приемов обучения, в данном случае приемов введения новых знаний, закономерно обуславливается определенными условиями, является функцией этих условий. Зная эти условия, можно определить, какой именно прием обучения надо в том или ином случае применить³⁸².

Ученик. Первое — простое предложение с однородными членами. В нем оба сказуемых относятся к одному и тому же подлежащему, которое можно вставить: (Я) *иду по широкому полю и дышу полной грудью*:

$(\text{---}) \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}$
 $\text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}$

Второе предложение — сложное, в нем второе сказуемое не относится к подлежащему я, которое можно вставить: (Я) *иду по широкому полю, и так легко дышится*:

$(\text{---}) \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}$

³⁸² Важность изучения зависимостей между ходом обучения и условиями обучения неоднократно отмечал М. А. Данилов (см., например, [601]). Им выдвинуто понятие логики учебного процесса, которое как раз и должно отразить эту зависимость.

Учитель. Какой же мы можем сделать вывод из рассмотренных примеров? В каких случаях предложение, в котором нет подлежащих, а имеются одни сказуемые, является сложным, а в каких — простым? Каковы признаки сложных и простых предложений без подлежащих?

Ученик. Если в предложении нет подлежащих и все сказуемые выражены глаголами 1-го или 2-го лица, то это простое предложение с однородными членами; если же в предложении нет подлежащих и не все сказуемые выражены глаголами 1-го или 2-го лица, то это сложное предложение.

Учитель. Запишем эти признаки.

Признаки записываются.

Признаки сложносочиненных предложений III типа

III. 1) В нем нет подлежащих

и

2) не все сказуемые выражены глаголами только 1-го или только 2-го лица.

Учитель. Достаточны ли эти признаки для распознавания сложносочиненных предложений этого типа? Всякое ли предложение, имеющее эти признаки, будет сложносочиненным?

Ученики говорят, что да.

Учитель. На самом деле так утверждать нельзя. Все зависит от того, как понимать выражение «не все сказуемые выражены глаголами только 1-го или только 2-го лица». Если это выражение понимать в том смысле, что некоторые сказуемые выражены глаголами только 1-го или только 2-го лица, а некоторые не выражены, то вы правы. Такое предложение будет сложным. Но это выражение так (и только так) понимать неправильно. Выражение «Не все сказуемые выражены глаголами только 1-го или только 2-го лица (или что то же: неверно, что все сказуемые выражены глаголами только 1-го или только 2-го лица)» означает: или некоторые выражены, а некоторые не выражены, или ни одно из них не выражено.

Разъяснение учащимся смысла отрицания имеет весьма важное значение для воспитания у них культуры логического мышления, так как учащиеся (да и взрослые) делают большое количество ошибок потому, что не знают законов образования отрицания и его значения в разных случаях. Смысл отрицания для разбираемого нами случая особенно ясно можно раскрыть, используя символику математической логики.

Пусть в предложении имеется всего два сказуемых и оба они выражены глаголами 1-го лица. Если обозначить высказывание «первое сказуемое выражено глаголом 1-го лица» буквой a_1 , а высказывание «второе сказуемое выражено глаголом 1-го лица» буквой a_2 , то высказывание «все сказуемые выражены глаголами 1-го лица» можно записать так: $a_1 \& a_2$. Отрицание этого высказывания имеет вид $\overline{a_1 \& a_2}$, что читается: «не все сказуемые выражены глаголами 1-го лица» или — что-то же — «неверно, что все сказуемые выражены глаголами 1-го лица». Но это высказывание эквивалентно высказыванию $\overline{a_1} \vee \overline{a_2}$ ($\overline{a_1 \& a_2} \leftrightarrow \overline{a_1} \vee \overline{a_2}$). Выражение $\overline{a_1} \vee \overline{a_2}$ означает: первое сказуемое не выражено глаголом 1-го лица, или второе сказуемое не выражено глаголом 1-го лица, или ни первое, ни второе сказуемое не выражено глаголом 1-го лица (т. е. они оба не выражены глаголом 1-го лица).

Этот логический смысл отрицания легко разъяснить учащимся на примерах или с помощью логической символики, и тогда они легко понимают, в чем ошибочность их утверждения, — что если не все сказуемые выражены глаголами 1-го или 2-го лица, то это якобы значит, что обязательно некоторые выражены, а некоторые нет (и, следовательно, предложение с таким признаком будет сложносочиненным). В действительности же выражение: «не все сказуемые выражены глаголами 1-го или 2-го лица» — предполагает, что может быть случай, когда ни одно из сказуемых не выражено глаголом 1-го или 2-го лица. Но если в предложении ни одно из сказуемых не выражено глаголом 1-го или 2-го лица (при отсутствии подлежащего), то такое предложение может быть и простым и сложным и совокупность признаков «1) нет подлежащего и 2) не все сказуемые выражены глаголами 1-го или 2-го лица» является недостаточной, чтобы сделать заключение, что это предложение сложное.

Учитель. Итак, признак «не все сказуемые выражены глаголами только 1-го или только 2-го лица» означает, что или одни сказуемые выражены такими глаголами, а другие не выражены, или ни одно из сказуемых такими глаголами не выражено. В первом случае предложение является обязательно сложносочиненным, во втором случае может быть и сложносочиненным и простым с однородными членами (приводятся примеры таких предложений). Анализ предложений показывает, что предложения, в которых нет подлежащего и не все сказуемые выражены глаголами 1-го или 2-го лица, всегда являются сложносочиненными, за исключением случая, когда все сказуемые в нем выражены глаголами 3-го лица множественного числа. Такие предложения, как увидим дальше, могут быть и сложными и простыми. Какой же признак нам надо добавить в нашу схему, чтобы предложение, в котором нет подлежащего и не все сказуемые выражены глаголами 1-го или 2-го лица, было наверняка сложносочиненным?

Ученик. Надо добавить признак — «не все сказуемые выражены глаголами 3-го лица множественного числа».

У ч и т е л ь . Впишем этот признак в схему.

Признак вписывается.

Как видим, учащиеся уже хорошо усвоили способ построения логической схемы признаков, они хорошо знают, что такое достаточный признак и при каких условиях некоторая система признаков является достаточной для распознавания явления. Они понимают, что если при наличии у предложения признаков «1) нет подлежащего» и «2) не все сказуемые выражены глаголами 1-го или 2-го лица» предложение всегда является сложносочиненным (за исключением случая, когда все сказуемые в нем выражены глаголами 3-го лица множественного числа), — то надо указать признак, который бы исключил этот случай. Таким является признак «не все сказуемые выражены глаголами 3-го лица множественного числа», названный учащимися.

Схема признаков сложносочиненных предложений III типа приобретает такой вид:

Признаки сложносочиненных предложений III типа

III.

1) Нет подлежащих

и

2) не все сказуемые выражены глаголами только 1-го или только 2-го лица

и

3) не все сказуемые выражены глаголами 3-го лица множественного числа.

Общая схема признаков приобретает такой вид:

Общая схема признаков сложносочиненных предложений

Предложение является сложносочиненным, если

I.

1) в нем есть подлежащее (или несколько подлежащих)

и

2) есть сказуемое (или несколько сказуемых)

и

3) хотя бы одно из сказуемых не относится к имеющемуся в предложении подлежащему

ИЛИ

II.

1) в нем есть не менее двух подлежащих

и

2) нет сказуемых

ИЛИ

III.

1) в нем нет подлежащих

и

2) не все сказуемые выражены глаголами только 1-го или только 2-го лица

и

3) не все сказуемые выражены глаголами 3-го лица множественного числа.

У ч и т е л ь . Как же нужно действовать, чтобы определить, каким является предложение, в котором нет подлежащих?

Здесь учитель делает следующее замечание: «Поскольку сложносочиненные предложения II типа встречаются крайне редко, то, чтобы не усложнять схему действий, мы не будем принимать их в расчет. Будем исходить из того, что все сложносочиненные предложения имеют хотя бы одно сказуемое. А сложносочиненные предложения без сказуемых (т. е. состоящие из одних назывных предложений) обычно легко опознать».

У ч е н и к . Прежде всего надо проверить, выражены ли все сказуемые глаголами 1-го или 2-го лица; если да, то это предложение простое; если же нет, то надо проверить, выражены ли все сказуемые глаголами 3-го лица множественного числа. Если не все сказуемые выражены глаголами 3-го лица множественного числа, то это сложное предложение.

У ч и т е л ь . Изобразим ход рассуждений в виде схемы действий.

В схему дописывается правая ветвь, и схема приобретает вид:

Схема действий по распознаванию типа предложения (сложносочиненное или простое с однородными членами)

Чтобы определить тип предложения, надо:



После этого начинается тренировка в распознавании типов предложений на основе применения операций, указанных в схеме. Тренировка проводится аналогично тому, как это было описано выше. В ходе тренировки учащимся даются, в частности, предложения, в которых сказуемые выражены не только глаголами 3-го лица множественного числа, но и глаголами прошедшего времени того же числа. При этом указывается, что в этом случае достаточно проверить глагол только на признак числа (стоит ли глагол во множественном числе). Соответствующее дополнение вносится в схему. Затем учитель переходит к изучению последнего типа сложносочиненных предложений.

4. Сложносочиненные предложения IV типа

Учитель. Переходим к изучению последнего типа сложносочиненных предложений. Мы видели, что если в предложении нет подлежащих и все сказуемые выражены глаголами 1-го или 2-го лица, то такое предложение является простым. Рассмотрим теперь случай, когда при отсутствии подлежащих все сказуемые выражены глаголами 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголами во множественном числе). Мы знаем, что такие предложения могут быть и простыми, и сложными. По каким признакам можно отличить в этом случае один тип предложения от другого? Возьмем два предложения:

Испорченную радиолу отнесли в мастерскую, и ее там починили.

При раскопках нашли клад старинных монет и передали его в музей.

Какие это предложения?

Некоторые из учащихся сразу улавливают различие типов этих предложений и указывают признаки, по которым эти предложения отличаются: в первом предложении производителями действий являются разные лица, во втором одни и те же.

Учитель. Что общего между этими предложениями?

Ученик. В них нет подлежащих и сказуемые выражены глаголами множественного числа прошедшего времени.

Учитель. Чем они отличаются?

Ученик. В первом предложении сказуемые относятся к разным подлежащим, которые можно мыслить, во втором — к одному и тому же.

Учитель. Начертите схемы этих предложений, взяв воображаемые подлежащие, к которым могли бы относиться сказуемые, в скобки. Схемы имеют такой вид:

(—) = ли , || и (—) = ли ;

(—) = ли и = ли .

Далее учитель обобщает проделанную работу.

У ч и т е л ь . Подведем итоги. Если в предложении, в котором нет подлежащих, имеется два или несколько сказуемых и не все сказуемые выражены глаголами 1-го или 2-го лица и не все они выражены глаголами 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголами во множественном числе), то такое предложение является сложным.

Если же все сказуемые выражены глаголами 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголами во множественном числе), то никакого вывода о типе предложения сделать нельзя и надо произвести проверку на дополнительный признак: определить, кто является производителем действий.

Если производителями действий являются одни и те же лица, то такое предложение является простым, если разные, то сложным.

Запишем указанные признаки.

Признаки сложносочиненных предложений IV типа

IV. 1) Нет подлежащих

и

2) все сказуемые выражены глаголами 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголами во множественном числе)

и

3) производителями действий являются разные лица.

Общая схема признаков приобретает такой вид:

Общая схема признаков сложносочиненных предложений

Предложение является сложносочиненным, если:

I.

1) в нем есть подлежащее (или несколько подлежащих)

и

2) есть сказуемое (или несколько сказуемых)

и

3) хотя бы одно из сказуемых не относится к имеющемуся в предложении подлежащему

ИЛИ

II.

1) в нем есть не менее двух подлежащих

и

2) нет сказуемых

ИЛИ

III.

1) в нем нет подлежащих

и

2) не все сказуемые выражены глаголами только 1-го или только 2-го лица

и

3) не все сказуемые выражены глаголами 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголами во множественном числе)

ИЛИ

IV.

1) в нем нет подлежащих

и

2) все сказуемые выражены глаголами 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголами во множественном числе)

и

3) производителями действий являются разные лица.

После этого учитель подводит учащихся к формулированию всей последовательности операций, необходимых для распознавания сложносочиненного предложения, т. е. к формулированию алгоритма

распознавания типа предложения (сложносочиненное или простое с однородными членами).

Учитель. Что и в какой последовательности мы должны делать, чтобы определить, сложносочиненное данное предложение или простое с однородными членами?

Ученик. Начать надо с проверки того, имеются ли в предложении подлежащие. Затем следует проверить, есть ли в предложении сказуемые.

Учитель. Пусть в предложении есть и подлежащие, и сказуемые. Что тогда надо делать?

Ученик. Тогда надо проверить, все ли сказуемые относятся к одному и тому же подлежащему.

Учитель. Ну, а если в предложении нет сказуемых, а имеются только одни подлежащие?

Ученик. Тогда мы делаем вывод, что это предложение сложное, состоящее из одних назывных.

Учитель. А если окажется противоположный случай? Если в предложении нет подлежащих, а имеются только одни сказуемые?

Ученик. Тогда надо проверить, выражены ли все сказуемые глаголами 1-го или 2-го лица. Если да, то предложение простое; если же нет, то надо проверить, выражены ли все сказуемые глаголами 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголами во множественном числе). Если и этого нет, то предложение сложное.

Учитель. Пусть все сказуемые предложения выражены глаголами 3-го лица множественного числа. Как следует действовать дальше?

Ученик. Тогда надо проверить, кто является производителем действий. Если производителями действий являются одни и те же лица, то предложение будет простым; если разные, то сложным.

Учитель. Впишем последние операции в нашу схему действий.

Операции дописываются. Схема становится такой, как это изображено на стр. 402 (см. также замечание (петит) на стр. 401).

Как мы видим, алгоритм не сообщается учащимся весь сразу и им не приходится его заучивать. Он естественным образом вытекает из разбора конкретных предложений, из анализа отдельных грамматических ситуаций и усваивается по частям. Последующие операции как бы присоединяются к предыдущим, уже усвоенным операциям.

После того как сформулирована общая схема действий по распознаванию типов предложений, начинается тренировка. Сначала учащимся предлагаются предложения III и IV типа, в которых нет подлежащих (для отработки вновь введенных признаков и операций), затем предложения всех типов, распознавание которых требует применения всех признаков и операций.

Приводим некоторые из сложносочиненных предложений III и IV типа, а также простых предложений с однородными членами, которые использовались в процессе тренировки.

1. *Было уже темно, и с берега пускали разноцветные ракеты.* 2. *Стемнело, и стало холодно.* 3. *Соберемся, бывало, вечером и тяжкую думу думаем.* 4. *Сядешь утром за работу, и так легко думается.* 5. *Телеграмму отправили утром и к вечеру уже получили ответ.* 6. *Телеграмму отправили утром, и через два часа ее уже получили.* 7. *О нем опять забыли, и теперь ему уже это было безразлично.* 8. *Дорогу засыпало снегом, и по ней стало трудно проехать.* 9. *К селению подошли к вечеру и там заночевали.* 10. *Приходящие в город письма доставляют на главпочтамт, и их там рассортировывают.* 11. *Новое здание начали строить в мае и к ноябрю закончили его.*

Опишем в качестве примера ход работы над тремя предложениями.

Было уже темно, и с берега пускали разноцветные ракеты.

Учитель. С чего следует начать анализ предложения?

Ученик. С проверки того, имеются ли в предложении подлежащие; если они есть, то мы все их выделяем.

Подлежащих в предложении нет. (*Ракеты* — не подлежащее: пускали *их*).

Учитель. Каким должно быть наше второе действие?

Ученик. Мы должны выделить все сказуемые: *было темно* и *пускали*.

Учитель. Каково будет третье действие (при условии, что в предложении нет подлежащих)?

Ученик. Мы смотрим, выражены ли все сказуемые глаголами 1-го и 2-го лица. Нет.

Учитель. Как мы действуем дальше? Каково наше четвертое действие?

Ученик. Мы смотрим, выражены ли все сказуемые глаголами 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголами во множественном числе). Нет. Одно сказуемое выражено, другое нет. Значит, предложение сложное. Поэтому мы отделяем простые предложения запятой.

Учитель. Каковы виды простых предложений, из которых состоит это сложносочиненное

предложение?

Ученик. Первое предложение безличное, второе — неопределенно-личное.

Учитель. Составьте схему рассмотренного сложного предложения.

Учащиеся составляют схему³⁸³:

== , || и (—) == =ли .

Телеграмму отправили утром, и через два часа ее уже получили.

Учитель. С чего следует начать анализ предложения?

Ученик. С проверки того, есть ли в предложении подлежащие; если есть, то мы должны все их выделить. В нашем предложении подлежащих нет.

Учитель. Каково второе действие?

Ученик. Выделяем все сказуемые. Сказуемые здесь *отправили* и *получили*.

Учитель. Как мы действуем дальше (при условии, что в предложении нет подлежащих)?

Ученик. Мы смотрим, выражены ли все сказуемые глаголами 1-го или 2-го лица? Нет.

Учитель. Какое следующее действие?

Ученик. Проверяем, выражены ли все сказуемые глаголами 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголами во множественном числе). В этом предложении выражены: *отправи-ли, получи-ли*.

Учитель. Можем ли мы на этом основании сделать вывод о том, какое это (по своему грамматическому типу) предложение?

Ученик. Нет, не можем. Надо еще определить, кто является производителями действий: одни и те же лица или разные. В этом предложении разные: одни люди отправили телеграмму, а другие ее получили. Значит, предложение сложное. Отделяем простые предложения запятой.

Учитель. Из простых предложений каких видов состоит это сложносочиненное предложение?

Ученик. Оно состоит из двух неопределенно-личных предложений.

Учитель. Составьте схему этого предложения. Учащиеся составляют схему:

(—) == =ли , || и (—) == =ли .

Мне далеко до дому, и труден мой путь впереди.

Ученик. Анализ предложения начинаем с проверки того, имеются ли в предложении подлежащие, и если имеются, то все их выделяем. Здесь подлежащее имеется: *путь*.

Учитель. Каково второе действие?

Ученик. Выделяем все сказуемые. Здесь их два: *труден* и *далеко*.

Учитель. Если в предложении имеется хотя бы одно подлежащее и сказуемые, то каким должно быть наше третье действие?

Ученик. Надо проверить, относятся ли оба сказуемых к этому подлежащему. *Труден* — относится, а *далеко* — нет. Значит, предложение сложное. Поэтому мы простые предложения отделяем запятой.

Иногда некоторые учащиеся думают, что слово *далеко* может относиться к слову *путь* (*путь далеко*). Тогда учитель проводит такое рассуждение: если и *труден* и *далеко* относятся к подлежащему *путь*, то эти сказуемые должны быть однородными. В какой форме должно было бы стоять сказуемое *далеко*, чтобы оно было однородным со сказуемым *труден*? Учащиеся говорят: *далек* (*путь труден и далек*). Поскольку же в предложении имеется слово *далеко*, а не *далек*, то учащиеся сразу видят, что *далеко* и *труден* не однородные члены и *далеко* к подлежащему *путь* не относится.

Учитель. Из простых предложений каких видов состоит это сложносочиненное предложение?

Ученик. Первое предложение безличное, второе — определено-личное.

Учитель. Составьте схему предложения.

Учащиеся составляют схему:

== , || и (—) == .

³⁸³ Учитель указывает частное правило, частный признак: если в предложении, в котором нет подлежащих, сказуемые выражены разными формами, о чем можно судить по окончаниям глаголов (например, *было темно, пускали*), то такое предложение всегда сложное. Но если сказуемые выражены глаголами одинаковой формы, то никакого вывода сделать нельзя: такое предложение может быть и простым, и сложным, и его надо проверять на наличие указанных признаков.

После того как учащиеся прочно овладеют общим методом действий по распознаванию сложносочиненных предложений в отличие от простых с однородными членами, учитель переходит к изучению сложносочиненных предложений с общим второстепенным членом³⁸⁴, а затем проводит с учащимися упражнение в расстановке знаков препинания в таких сложносочиненных предложениях, где простые связаны различными сочинительными союзами.

Читатель, вероятно, обратил внимание на то, что во всех предложениях, с которыми учащиеся имели дело до сих пор, простые предложения внутри сложного были связаны союзом *и* (или интонацией). Это неслучайно. Во-первых, союз *и* — один из наиболее часто употребляемых и «трудных» союзов. Во-вторых, — и это главное — если учащиеся научатся анализировать предложения с союзом *и* (и правильно расставлять в них знаки препинания), то они будут уметь анализировать предложения и с любыми другими сочинительными союзами, также правильно расставляя в них знаки препинания. Метод анализа не зависит от того, каким союзом соединены простые предложения внутри сложносочиненного. Вот почему сложносочиненные предложения, в которых простые предложения соединены союзом *и*, можно рассматривать в качестве модели других сложносочиненных предложений. Метод действий, выработанный на этой модели, затем легко переносится на сложносочиненные предложения, в которых имеются другие союзы. В процессе же выработки метода действий нецелесообразно отвлекать внимание учащихся на несущественные обстоятельства, а именно таким несущественным обстоятельством (в отношении метода действий по распознаванию типа предложений) являются союзы, которыми соединены простые предложения внутри сложносочиненного.

³⁸⁴ Этот раздел сейчас из программы исключен, но учителя все равно указывают учащимся на то, как изменяется пунктуация в сложносочиненном предложении в зависимости от наличия общего второстепенного члена предложения.

XVIII НЕКОТОРЫЕ ПОСОБИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ МЕТОДАМ МЫШЛЕНИЯ

§ 1. «ТЕТРАДИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ» КАК СРЕДСТВО ПООПЕРАЦИОННОГО ФОРМИРОВАНИЯ МЕТОДОВ МЫСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Одной из существенных особенностей описанной выше методики обучения было то, что целостный и единый метод решения грамматических задач экспериментатор формировал у учащихся по частям, как бы «складывая» его из элементов. Это было реализацией одной из задач экспериментального обучения — обеспечить п о о п е р а ц и о н н о е ф о р м и р о в а н и е мыслительных процессов.

Операции — это своеобразные кирпичики мыслительной деятельности, и чтобы сознательно, целенаправленно ее формировать, надо, с одной стороны, суметь «изготовить» каждый из этих кирпичиков, с другой, — определенным образом сложить, «сцепить» все кирпичики вместе, свести их воедино в некоторую целостную систему. Такая работа предполагает наличие у учителя не только программы знаний, но и определенной программы операций, которыми должны овладеть ученики, ясное представление о том, каким операциям и в какой последовательности надо их учить. Для того чтобы составить такую программу, необходим структурно-логический и психологический анализ как содержания усваиваемых учащимися знаний, так и методов оперирования ими, а также специальный психологический анализ трудностей и ошибок усвоения. Приведенные выше грамматические алгоритмы являются не чем иным, как определенными программами операций. Эти программы операций опираются на определенные системы признаков, которые являются теми программами знаний, которым учитель должен обучить учащихся. Обучение как планомерный и целенаправленный процесс обязательно должно включать в себя п р о г р а м м и р о в а н и е умственной деятельности учащихся³⁸⁵. Но такое программирование возможно только в том случае, если знания, умения и навыки, которые надо сформировать у учащихся, проанализированы со структурно-логической и психологической точек зрения и, следовательно, если учитель будет знать не только-то, какие знания он должен дать учащимся и какова их структура, но и то, какие операции обеспечивают самостоятельное добывание и применение этих знаний. Такими программами знаний и операций учитель в настоящее время по большинству предметов не вооружен.

Однако для успешного обучения учащихся методам умственной работы учителю недостаточно иметь программу знаний и операций. Необходимо наличие эффективных средств, которые обеспечили бы надежное и непременно формирование у учащихся (причем у каждого ученика) необходимых систем знаний и операций.

В настоящее время у учителя таких эффективных средств нет. Объясняя новый материал, проводя тренировочные упражнения, он сегодня не может быть уверен, что все учащиеся производят именно те операции, которые нужны, производят их так, как это нужно, и что эти операции складываются у них именно в ту систему, которая требуется. (Что положение именно таково, свидетельствуют ошибки учащихся, трудности учения и неуспеваемость.) Говоря другими словами, учитель сегодня еще не имеет возможности достаточно полно управлять течением и формированием мыслительной деятельности учащихся. Он еще не всегда может точно рассчитанным действием актуализировать нужную, правильную операцию, исправить операцию дефектную и затормозить ненужную, неправильную операцию. Вот почему найти способы пооперационного формирования мыслительных процессов у учащихся — значит приблизиться к тому, чтобы усвоение знаний, интеллектуальных умений и навыков стало, точно рассчитанным, максимально контролируемым и управляемым процессом.

Однако обеспечить успешное пооперационное формирование мыслительных, и в частности алгоритмических, процессов невозможно без разработки способов п о п е р а ц и о н н о г о к о н т р о л я за течением этих процессов, за тем, как «складываются» алгоритмы в сознании учащихся.

Чтобы все отклонения от нормального течения мыслительного процесса, которые возникают в ходе обучения, могли быть учителем вовремя замечены и исправлены, он должен иметь постоянную информацию о ходе мыслительной деятельности ученика, когда тот решает ту или иную задачу, осуществляет ту или иную деятельность. Без такой информации, без о п е р а т и в н о й о б р а т н о й с в я з и от ученика к учителю никакое более или менее совершенное управление процессами, происходящими в сознании ученика, невозможно.

В настоящее время, обучая учащихся, учитель не располагает средствами получения такой информации от всех учеников; он часто имеет весьма смутное представление о том, что стоит за теми или

³⁸⁵ Не следует смешивать программирование умственной деятельности учащихся с программированным обучением. Программировать умственную деятельность учащихся надо и при непрограммированном обучении.

иными вовне выраженными их действиями.

Основными источниками знаний учителя о ходе усвоения учащимися знаний, умений и навыков и о процессах их мышления в сегодняшней школе являются опрос и различного рода проверочные работы. Во время опроса учитель может, если он владеет соответствующими приемами, получить представление о том, как ученик думает, рассуждает, как протекают у него некоторые мыслительные процессы. Но, во-первых, опрос требует значительных затрат времени; во-вторых, по отношению к каждому ученику такой опрос носит эпизодический характер (лишь в редких случаях учителю удается подробно опрашивать учеников больше трех-четырёх раз в четверть каждого). Мы уже не говорим о том, что класс во время таких «подробных» опросов нередко бывает пассивен. Следовательно, возможностей получать полную информацию о ходе мыслительной деятельности всех учеников опрос в условиях массового, классно-группового обучения не даёт.

Что касается различного рода проверочных работ, то здесь учитель имеет дело главным образом с результатами мыслительной деятельности ученика (решил — не решил, ошибся — не ошибся), не имея возможности проникнуть в самый процесс этой деятельности (посредством каких операций решил?), проконтролировать ход умственных операций, их последовательность, характер и, т. п. Ведь правильно решить задачу можно и посредством удачной, но слепой пробы, и на основе внешней аналогии, и путем механического подбора данных, и другими путями. Правильный результат мыслительной деятельности еще не свидетельствует о правильности процесса, приведшего к этому результату³⁸⁶. Познание процессов, посредством которых осуществляется мышление, требует специальных методов, специальных средств.

Разрабатывая методику обучения учащихся методам рассуждения при решении грамматических задач, мы попытались найти средства, которые, с одной стороны, обеспечили бы пооперационное формирование мыслительных процессов учащихся, а с другой — дали бы учителю возможность получать подробную информацию о каждом из этапов формирования этих процессов и на основе этого осуществлять пооперационный контроль. Одним из таких средств явились особым образом составленные «Тетради для самостоятельной работы».

Для этих тетрадей были разработаны специальные типы заданий-упражнений. Их специфика состоит в том, что, выполняя такие задания, ученик должен расчленять процесс мышления на отдельные операции, с необходимостью все их производить, ясно и четко каждую из них осознавать. Задания построены так, что, работая над ними, ученик не может не прои^звести всех необходимых умственных операций, он вынужден правильно рассуждать, думать, причем думать все время; каждая его ошибка на любом этапе процесса, при выполнении любой операции может быть замечена учителем и исправлена; при этом — что особенно существенно — она может быть исправлена именно в том «пункте», где она была совершена.

Охарактеризуем кратко одно из типичных заданий по теме «Однородные члены предложения».

На одной из страниц отпечатанной на ротаторе «Тетради для самостоятельной работы» перед учащимися — ряд предложений без знаков препинания³⁸⁷. Конечная задача ученика — расставить знаки препинания. Но чтобы их определить, он должен проделать определенную мыслительную работу, осуществить ряд известных ему операций. Операции указываются либо в устной инструкции, либо в письменной, прилагаемой к заданию. Эта инструкция представляет собой не что иное, как определенный алгоритм, согласно которому должен действовать ученик.

Основные операции, которые при выполнении данного задания должны быть произведены и отработаны, занумерованы. Чтобы ученик не мог по той или иной причине (лень, нежелание думать и т. д.) «уйти» от выполнения необходимой работы, не мог бы какую-либо операцию пропустить, не произвести ее, он должен фиксировать в «Тетради» результаты каждой операции. Где и каким образом?

Под каждым предложением оставлено несколько свободных строк, и в начале каждой строки стоит цифра, обозначающая номер операции.

Приведем образец:

Древко мелькнуло в воздухе наклонилось разрезало толпу скрылось в ней и через минуту над поднятыми вверх лицами людей взметнулось красной птицей широкое полотно знамени рабочего народа.

- 1)
- 2)

³⁸⁶ Логика, в частности, показывает, что правильный вывод (истинное заключение) можно в ряде случаев получить также и из неправильных (ложных) посылок.

³⁸⁷ Такая тетрадь выдается каждому ученику. Она может быть изготовлена типографским способом и использоваться наряду с обычными тетрадями.

3)

Схема:

Произведя 1-ю операцию (выделив в предложении все подлежащие), ученик должен записать результат этой операции — в форме, которая указывается, — на первой строке. Произведя 2-ю операцию (выделив все сказуемые), ученик должен записать результат этой операции на второй строке. На третьей строке ученик должен записать результат 3-й операции (как мы помним, 3-й операцией является установление того, какие сказуемые к каким подлежащим относятся). Затем составляется схема предложения, которая графически изображается на отдельной строке. После этого знаки препинания переносятся в предложение.

Вот какой вид имеет это предложение после выполнения всех необходимых операций:

Древко мелькнуло в воздухе, наклонилось, разрезало толпу, скрылось в ней, и через минуту над поднятыми вверх лицами, людей взметнулось красной птицей широкое полотно знамени рабочего народа.

1) древко, полотно

2) мелькнуло, наклонилось, разрезало, скрылось, взметнулось

3) древко мелькнуло, наклонилось, разрезало, скрылось, и полотно взметнулось

Схема



Выполняя это задание, ученик должен не только найти и подчеркнуть главные члены (это обычно делается), но и выписать их, установив между ними определенные отношения. Как показал эксперимент, выписывание главных членов на отдельные строки и показ отношений между ними имеет очень большое значение для успешного усвоения учащимися правильного метода действий, более быстрого формирования нужных систем операций.

Первоначально в одном из классов по первым трем темам мы вели обучение без материального фиксирования результатов каждой операции. Эффективность обучения оказалась ниже ожидаемой (особенно по теме «Однородные члены предложения»). Несмотря на специальное внимание, которое учитель уделял показу и раскрытию способов действий, операций, многие учащиеся овладели операциями не в достаточной степени. Зная, как надо действовать, они в ряде случаев эти действия не производили. Это и приводило к ошибкам.

Причины слабого усвоения систем операций сначала были не ясны. Учитель настойчиво учил операциям, а учащиеся им как следует не научались. Наконец объяснение было найдено.

Как известно, думать (а думать — это прежде всего производить определенные умственные операции) детям часто нелегко. Многим детям стоит большого труда заставить себя произвести необходимую умственную работу, проделать все те умственные операции, которые требуются для решения задачи. Трудности умственной работы порождают у учащихся многообразные способы «ухода» от задачи: угадывание, действия методом проб и ошибок и т. п.

Для того чтобы научить учащихся думать, рассуждать, недостаточно о з н а к о м и т ь их с операциями, которые в том или ином случае надо производить. Недостаточно также т р е б о в а т ь, чтобы они их производили. Необходимо создать такие условия, т а к о р г а н и з о в а т ь обучение, чтобы ученик в процессе усвоения знаний и тренировки о б я з а т е л ь н о нужные операции производил, не мог их не производить, чтобы он не мог «уйти» от задачи. Важно также по возможности облегчить учащимся выполнение необходимых операций.

Этих условий первоначально не было. Производить все операции в уме учащимся было трудно. С другой стороны, поскольку выполнение каждой операции учителем не контролировалось (у него не было средств такого контроля), учащиеся, несмотря на все требования учителя, всех необходимых операций не выполняли, «уходя», когда это было возможно, от трудной задачи. Таким образом, несмотря на то что учитель прилагал все усилия к тому, чтобы сформировать у учащихся нужные системы операций, эти операции формировались не у всех учащихся или формировались не полностью. Вскрытие причин этого и привело к мысли так организовать процесс обучения, создать такие средства управления деятельностью учащихся, чтобы они с необходимостью производили все необходимые операции, а учитель мог бы выполнение каждой операции контролировать. Таким средством и явились «Тетради для самостоятельной работы».

В чем же значение примененного приема выписывания нужных членов предложения на отдельные строки и показа отношений между ними?

1. Оказываясь перед необходимостью заполнить все три строки, ученик непременно должен произвести все три операции (найти подлежащее, найти сказуемое и определить, относится ли сказуемое к подлежащему). При обычном же задании — подчеркнуть главные члены предложения — ученик должен произвести только две операции. Выполнение третьей операции (даже если указать, что ее надо произвести) оказывается неконтролируемым, так как ее результат никак материально не фиксируется. Будет ученик производить в уме эту операцию или не будет и как он ее будет производить, учителю неизвестно. А что не контролируется, что не может быть проверено или не проверяется, учащимися, как известно, часто не выполняется. Между тем для правильного различения сложносочиненных и простых предложений с однородными членами сформированность этой операции имеет решающее значение.

2. Фиксирование результатов каждой операции, соединение умственных действий с физическими облегчает выполнение умственных действий (умственных операций) и в то же время способствует более успешному формированию последних³⁸⁸.

3. Фиксирование результатов каждой операции способствует лучшему осознанию как самих операций, так и той последовательности, в которой их необходимо выполнять; это также имеет большое значение для успешного формирования нужных умений и навыков.

4. Выписывание главных членов предложения и оперирование ими относительно независимо от других членов предложения формирует у учащихся очень важную операцию мысленного выделения существенных элементов предложения и отвлечения от несущественных, что научает ориентироваться в процессе решения грамматических задач только на существенные элементы³⁸⁹.

5. Установление отношений между главными членами, рассматриваемыми в отвлечении от других членов предложения, дает возможность хорошо видеть *с т р у к т у р у* предложения, вырабатывает *с т р у к т у р н ы й* п о д х о д к грамматическим явлениям, что очень важно как для правильного решения конкретных грамматических задач, так и для развития речи и мышления в целом.

Покажем на примере, как трудно бывает в ряде случаев в уме произвести все необходимые операции (выделить существенные элементы предложения и отвлечься от несущественных, выявить все ряды однородных членов, увидеть структуру предложения) и как облегчается решение всех этих задач, когда результаты каждой операции фиксируются.

Возьмем предложение, в котором учащиеся контрольных классов обычно делали ошибки:

Большие стеклянные банки с кофе, корицей и ванилью, хрустальные и фарфоровые чайницы и судки с маслом и уксусом стояли на кухне.

Наиболее частой ошибкой является постановка запятой перед *и судки*. Нередко учащиеся ставят запятую также и перед последним *и*. Ошибки эти вызваны тем, что учащиеся не умеют вскрыть структуру этого предложения, «не видят» этой структуры. Однако достаточно проделать с предложением указанные выше операции, выписав каждый ряд однородных членов на отдельную строку, как структура этого предложения (а отсюда и знаки препинания) становится очевидной³⁹⁰.

³⁸⁸ Значение и способы материализации умственных действий, как уже говорилось, раскрыты в работах П. Я. Гальперина ([573], [577], [578] и др.), развивающего теорию формирования умственных действий на основе физических и разработавшего методику поэтапного формирования умственных действий. Достижения этой теории были использованы нами при построении упражнений в описанных выше «Тетрадах для самостоятельной работы». Эта теория является развитием на новом уровне того, что в начале 30-х годов Л. С. Выготским и его сотрудниками Л. В. Занковым, А. Н. Леонтьевым, А. Р. Лурией трактовалось как формирование внутренних, психических процессов на основе «внешнего опосредствования» [566], [569], [629], [692]. С иных позиций идея превращения физических действий в интеллектуальные операции развивается Пиаже (см., например, [749]) и некоторыми другими психологами (см., например, [554]).

³⁸⁹ Надо отметить, что в том классе, где обучение первоначально велось без выписывания главных членов, выделение существенных элементов и отвлечение от несущественных (особенно при необходимости выделения различных рядов однородных членов) вызывало у ряда учащихся значительные затруднения. Если встречались длинные предложения, в которых имелось много слов, то учащимся часто не удавалось произвести необходимые операции по выделению рядов однородных членов в уме. Если же они и выделяли какой-то ряд, то, перейдя к следующему ряду однородных членов, они забывали об отношении слов внутри предыдущего ряда. И это было одной из главных причин ошибок в расстановке знаков препинания в предложениях с различными рядами однородных членов. Выписывание же рядов однородных членов (каждый ряд на отдельной строке) значительно облегчило установление отношений слов в предложении, развило нужные умственные операции и привело к уменьшению количества ошибок.

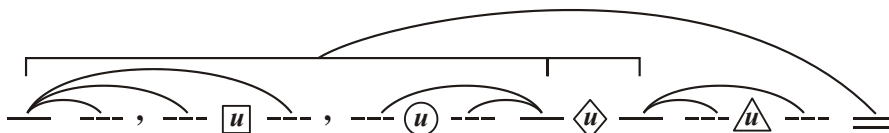
³⁹⁰ Для того чтобы показать, что союзы соединяют однородные члены внутри различных рядов однородных членов и что их поэтому нельзя считать повторяющимися, они обводятся различными геометрическими фигурами.

- 1) *банки, чайницы и судки*
 - а) *банки с кофе, корицей и ванилью*
 - б) *хрустальные и фарфоровые чайницы*
 - в) *судки с маслом и уксусом*

2) *стояли*

3) *банки, чайники и судки стояли*

Схема



На первой строке (цифра 1), как всегда выписываются все подлежащие, на второй (цифра 2) — все сказуемые, на третьей (цифра 3) — подлежащие вместе со сказуемым с указанием их отношения друг к другу. Запись на третьей строке сразу показывает, каким является предложение: простым или сложным. После того как тип предложения определен (данное предложение — простое), следует проверить, имеются ли при выделенных главных членах предложения однородные второстепенные члены. Результаты этой проверки фиксируются, и однородные члены (если они имеются) выписываются вместе с теми членами предложения, к которым они относятся. В нашем предложении все однородные члены относятся к подлежащим.

Когда главные члены предложения и ряды однородных членов выписаны на отдельные строки, то сразу ясно, сколько в этом предложении рядов однородных членов и является ли союз *и* повторяющимся³⁹¹. Взглянув на схему, мы сразу видим, что союз *и*, стоящий перед словом *судки*, не является повторяющимся и запятая перед ним не нужна. Не нужны запятые и перед другими *и*.

Обучаясь выделять главные члены предложения и ряды однородных членов путем материальных, физических действий (выписывая их на отдельные строки), учащиеся тем самым научаются выделять эти члены предложений в уме, научаются производить все необходимые операции мысленно, в сознании.

Можно провести такую аналогию. Как известно, детям, которые учатся считать, очень трудно бывает производить определенные арифметические операции в уме. Тогда им дают какие-либо материальные предметы, например, палочки, и обучают арифметическим операциям (например, сложению и вычитанию) на палочках. Действия, которые надо производить в уме, теперь производятся детьми реально, в форме материальных, физических действий. Производя арифметические действия как определенные материальные, физические действия, дети приобретают способность затем эти же действия производить в уме.

Подобно тому как детям 5—7 лет трудно производить в уме арифметические действия, учащимся VI—VII классов трудно производить в уме некоторые грамматические действия, в частности выделять в уме определенные члены предложения, устанавливать между ними соответствующие отношения путем их соотнесения и т. д. Следовательно, чтобы сформировать эти действия как умственные, надо сначала дать учащимся возможность производить их как физические, материальные действия. Выписывание главных членов предложения и рядов однородных членов и есть то физическое «вынимание» слов из предложения, которое формирует операцию мысленного выделения этих слов. Уметь мысленно выделить в предложении, например, подлежащие и сказуемые (уметь «увидеть» их) — это не что иное, как та же операция «вынимания» слов, только производимая в уме.

Прием формирования умственных операций посредством физических действий применяется не только при обучении детей счету. Как известно, многие учащиеся не успевают по стереометрии, так как не умеют мысленно оперировать стереометрическими фигурами (например, не умеют мысленно повернуть пирамиду, рассечь ее определенным образом и т. п.). Чтобы воспитать у учащихся умение мысленно оперировать стереометрическими фигурами, их часто сначала учат делать это на моделях, т. е. на реальных физических объектах. Оперирование моделью дает возможность производить трудные умственные операции как операции физические и тем самым формирует эти умственные операции. Научившись реально, физически расчленять определенным образом пирамиду, ученик сможет затем это делать и в уме.

³⁹¹ Повторяющимися являются союзы, которые повторяются внутри данного ряда однородных членов. Как известно, расстановка знаков препинания внутри рядов однородных членов существенно зависит, согласно правилам, от того, являются ли союзы, соединяющие однородные члены, повторяющимися.

Если с этой точки зрения сравнить прием, который применяется обычно — подчеркивание главных членов,— и прием, который применили мы, а именно выписывание главных членов с последующим соотносением их друг с другом, то мы увидим различие этих приемов. Подчеркивание главных членов не есть физическое действие с грамматическим объектом (словом); это не больше, как метка (ср. обозначение на чертеже какой-либо плоскости пирамиды буквой). Выписывание же слов есть физическое действие с грамматическим объектом — словом, так как слова в этом случае как бы физически вынимаются из предложения, пишутся отдельно, и с этими словами вне предложения производятся различные операции. Этим, очевидно, объясняется значительно большая эффективность приема выписывания определенных членов предложения и рядов однородных членов по сравнению с обычным приемом подчеркивания их.

Мы рассмотрели, какое значение для формирования мыслительной деятельности могут иметь «Тетради для самостоятельной работы». Укажем еще на некоторые преимущества, которые дает использование таких тетрадей.

Посмотрев на то, как заполнены строки, учитель может сравнительно быстро и легко «поставить диагноз» состоянию мыслительной деятельности каждого ученика, определить, какие операции он произвел правильно, а какие неправильно, и на основе этого «диагноза» осуществить необходимое, причем дифференцированное, «терапевтическое» воздействие. О том, как важно иметь возможность быстро поставить диагноз состоянию мыслительной деятельности, говорить не приходится, так как совершенно очевидно, что никакое рассчитанное, точно направленное педагогическое воздействие невозможно без знания картины тех процессов, которые происходят в голове ученика при решении той или иной задачи. Анализ выполнения учащимися заданий, имеющихся в «Тетрадах для самостоятельной работы», дает учителю достаточно полную информацию о состоянии отдельных звеньев мыслительных процессов у всех учеников и тем самым создает возможность для более совершенного формирования этих процессов.

Надо отметить и такое обстоятельство. Благодаря «Тетрадам для самостоятельной работы» учитель имеет возможность какую-то часть работы по контролю, диагностике и исправлению обнаруженных недостатков в мыслительной деятельности отдельных учащихся провести прямо на уроке. Пока учащиеся работают с «Тетрадами», учитель ходит по рядам и смотрит, как заполняются строки. Благодаря стандартной форме заполнения «строк» можно очень быстро, в течение нескольких секунд, установить, правильно ли ученик произвел операцию. Конечно, всех учащихся проверить прямо на уроке бывает трудно, но держать под контролем слабых учащихся вполне возможно. Использование «Тетрадей для самостоятельной работы» дает, таким образом, возможность в какой-то мере осуществить на уроке сочетание фронтальной работы с индивидуальной, что очень важно для профилактики ошибок и предупреждения различного рода отклонений от правильного формирования мыслительных процессов.

Существенно и следующее. Так как при пооперационной отработке мыслительных процессов формирование интеллектуальных навыков идет быстрее, легче, с меньшим количеством ошибок, то появляется возможность значительно сократить объем домашних заданий и добиться достаточно хорошего усвоения материала и методов умственной работы прямо на уроке.

Поскольку предложения в «Тетрадах для самостоятельной работы» отпечатаны, ученикам не приходится тратить время на переписывание многих слов, написание которых им хорошо известно. (Если в предложениях встречаются слова с трудными орфограммами, то их можно выделить, поставив вместо букв точки.) Ведь при ныне действующей системе обучения, чтобы поработать с одним словом или определить, надо ли в предложении ставить запятую, ученики нередко пишут 5—6 слов, которые с точки зрения обучения грамматике никакой ценности не представляют (например, *дом, поле, машина, ехать* и т.п.), времени же такое переписывание занимает много. Применяя «Тетради для самостоятельной работы», можно за счет экономии на переписывании хорошо известных слов значительно увеличить число упражнений, подняв тем самым производительность учебного труда. Сказанное не следует понимать в том смысле, что надо вообще стремиться к тому, чтобы учащиеся меньше писали. Речь идет только о том, чтобы освободить их от бесполезной траты времени на многократное написание одних и тех же известных им слов³⁹².

И, наконец, использование «Тетрадей для самостоятельной работы» создает условия для осуществления самоконтроля и самопроверки, а также для взаимной проверки учащимися работ друг друга, что не только воспитывает у них ряд важных качеств, но и освобождает учителя от чрезмерной нагрузки по проверке тетрадей. Такая самопроверка и взаимная проверка довольно широко использовалась нами в процессе экспериментального обучения.

³⁹² В этом отношении описываемые «Тетради для самостоятельной работы» выполняют ту же роль, что и распространенные в настоящее время как за рубежом, так и у нас тетради на печатной основе (в частности, так называемые «Тюменские тетради»), хотя по «заложенной» в них методике обучения они во многом от них отличаются.

Думается, что если бы подобные «Тетради для самостоятельной работы» были созданы по всем темам (а может быть, и по всем предметам), напечатаны типографски, изданы и внедрены в практику массовых школ, это дало бы возможность не только высвободить много времени для проведения подлинно обучающей работы (времени, которое сегодня непроизводительно затрачивается на писание и переписывание хорошо известных слов), но и позволило бы в самых широких масштабах добиться планомерного и целенаправленного формирования необходимых умственных операций и их систем, формирования правильных методов умственной работы.

§ 2. ОБУЧАЮЩАЯ МАШИНА «РЕПЕТИТОР-1»

Нетрудно видеть, что описанные выше «Тетради для самостоятельной работы» приближаются к программированным пособиям. Они позволяют осуществлять пооперационное формирование мыслительных процессов, пооперационный контроль, требуют весьма высокой активности учащихся, обеспечивают непрерывную выработку у всех учащихся нужных систем операций. Однако эти тетради еще нельзя называть программированными пособиями, так как они, во-первых, не обеспечивают немедленного подкрепления действий учащихся (при помощи этих тетрадей в большинстве случаев можно осуществить только отсроченный пооперационный контроль)³⁹³, во-вторых, не позволяют в полной мере индивидуализировать обучение. Между тем для формирования умений и навыков весьма важно, чтобы подкрепление действий учащихся (т. е. информирование их о том, правильно они выполнили действие или ошибочно) осуществлялось сразу же после выполнения этого действия³⁹⁴. Это особенно важно, когда учащиеся производят ошибочные действия. Если эти ошибочные действия вовремя не исправить, не затормозить, то у учащихся может сложиться неправильный навык, который потом придется ломать. А это, как известно, всегда трудно.

Указанный недостаток можно устранить, если ввести в «Тетради для самостоятельной работы» ответы для самопроверки и тем самым сделать их программированными. Приучение учащихся к самопроверке воспитывает у них ряд положительных качеств. Однако включение в тетради ответов для самопроверки создает возможность возникновения и одного отрицательного явления. Оно состоит в следующем. Если учащиеся, которые любят и стремятся самостоятельно решать задачи, будут это делать и при наличии в тетрадях ответов для самопроверки, то интеллектуально пассивные ученики³⁹⁵, ученики, которым «лень думать» (а им особенно важно самостоятельно думать), имеют в этом случае возможность «уйти» от решения задачи, подсмотрев правильный ответ (такая возможность имеется во всех программированных пособиях).

Таким образом, «Тетради для самостоятельной работы» при наличии в них ответов для самопроверки не могут обеспечить непременно выполнения всеми учащимися всех необходимых операций и полностью самостоятельного решения задач. И хотя имеется ряд способов уменьшить вероятность подсматривания учащимися правильного ответа и свести ее к минимуму, программированные пособия все же не могут гарантировать того, что ни один ученик никогда не будет подсматривать.

Средством, которое позволяет устранить указанный недостаток и эффективно решать ряд других задач обучения, являются обучающие кибернетические устройства, или, как их иногда называют, «обучающие машины».

Обучающие машины в настоящее время усиленно разрабатываются в ряде стран³⁹⁶. В нашей стране одна из первых обучающих машин типа «Репетитор» («Репетитор-1») была создана автором настоящей книги в содружестве с инженером С. П. Хлебниковым в 1961 г.³⁹⁷

³⁹³ На уроке учитель имеет возможность более или менее полно контролировать работу лишь части учащихся. Вообще же он берет тетради домой, там их проверяет и сообщает учащимся результаты проверки в лучшем случае на следующий день. Менее отсроченный контроль получается в случае взаимной проверки учащимися своих работ, но это требует дополнительных затрат времени на уроке. Мы уже не говорим о том, что, если учитель берет тетради домой, то его нагрузка по проверке не уменьшается.

³⁹⁴ Вероятно, не во всех случаях целесообразно давать немедленное подкрепление; для разных видов деятельности степень отсроченности подкрепления может быть разной (этот вопрос требует специального исследования), но во многих случаях менее отсроченное подкрепление, несомненно, лучше, чем более отсроченное.

³⁹⁵ Этот термин введен Л. С. Славиной [792], [794].

³⁹⁶ По обучающим машинам сейчас имеется уже обширная литература (см., например: [212], [234], [238], [242], [249], [269], [292], [293], [306], [317-318], [331], [343], [349-354], [356-358], [365-366], [368-369], [371-374], [378], [384], [393], [398], [400], [404-405], [408-412], [414], [416], [418-419], [423-425], [441], [451], [458-461], [471], [477-480], [486-489], [491-492], [495-496], [504-506], [509] и др.)

³⁹⁷ После этого в различных вузах и школах страны было создано много других образцов обучающих машин. Машина «Репетитор-1» была изготовлена на фабрике наглядных пособий общества «Знание» под руководством

Прежде чем перейти к описанию работы этой машины и ее дидактических функций³⁹⁸, остановимся кратко на вопросе о том, чем обучающие машины отличаются от других технических средств обучения. Сейчас технические средства обучения весьма разнообразны (радио, кино, телевидение и т. п.). Основанием для выделения обучающих машин в особый класс является то, что об обучении в собственном смысле слова (в отличие от самообучения) можно говорить только тогда, когда имеет место двусторонний процесс, при котором действия обучающего вызывают ответные действия обучающегося, те в свою очередь изменяют действия обучающего и т. д. Осуществляется, так сказать, кольцевой процесс в замкнутой системе. При этом действия обучающего, имея определенную цель, направляют и координируют действия обучающегося по определенному плану, по определенной программе (осознанной или не осознанной). Различные способы обучения одному и тому же (например, различные методики) есть не что иное, как различные «программы», по которым осуществляется «реагирование» обучающихся на действия обучаемых.

Отсюда ясно, что обучающими машинами могут быть названы лишь те устройства, которые выполняют важнейшую функцию педагога — функцию «обратного воздействия» на учащегося, функцию корректирования, регулирования и управления его действиями и протекающими в его сознании процессами.

Исходя из сказанного, очевидно, что степень совершенства того или иного типа обучающих машин прямо зависит от того, насколько полно и хорошо они могут осуществлять функцию обратного воздействия на учащегося, функцию управления его психическими процессами, как чутко они могут реагировать на его действия и глубоко их анализировать, насколько гибко они могут менять программу «ответных реакций» (адаптироваться) в зависимости от хода усвоения учащимися знаний, умений и навыков. Применяемые при обучении радио, кино, телевидение, будучи средствами передачи информации, не обладают, однако, функцией обратного воздействия на учащихся, не могут реагировать на их действия. Именно поэтому, будучи техническими средствами обучения, они не являются обучающими машинами³⁹⁹.

Принцип работы обучающей машины «Репетитор-1» проще всего можно пояснить на примере.

Допустим, ученику надо овладеть приведенным выше алгоритмом распознавания типов предложений. Для этого ему надо потренироваться в осуществлении системы операций, входящих в этот алгоритм. Тренировка проводится на предложениях. Каждое предложение пишется на обычной картонной карточке, на которой в соответствующих местах пробиваются несколько отверстий. Карточка вставляется в перфорационное устройство, после чего машина (благодаря отверстиям) «знает», какие признаки имеются у этого предложения и, следовательно, какие операции должен произвести ученик, чтобы определить его тип.

Предположим, на карточке написано предложение:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Испорченный радиоприемник отнесли в мастерскую и на следующий день его там починили.

(Цифры над словами означают номера слов в предложении⁴⁰⁰).

Перед учеником стоит задача определить, следует ли перед *и* ставить запятую. А для этого надо распознать тип предложения: сложное оно или простое. Если сложное (сложносочиненное), то запятая нужна, если простое с однородными членами, то не нужна.

На машине имеется три ряда тумблеров (переключателей). Каждый из тумблеров верхнего и нижнего рядов (эти тумблеры двухпозиционные) может находиться в одном из двух положений: «да» или «нет». Тумблеры среднего ряда могут находиться также и в нейтральном положении (они трехпозиционные). Верхний ряд тумблеров предназначен для ввода в машину информации о главных членах предложения (какие слова являются подлежащими, а какие — сказуемыми). Второй ряд — для ввода информации о других признаках предложения, важных для распознавания его типа. Третий ряд — для ввода ответа на стоящий перед учеником вопрос о типе предложения (т. е. для ввода в машину решения задачи).

Опишем, как с помощью машины осуществляется анализ предложения. Прежде всего надо выделить в предложении главные члены. Подлежащих в разбираемом предложении нет, а сказуемыми являются слова *отнесли* и *починили* (слова № 3 и 10). Чтобы сообщить машине, что сказуемыми являются эти слова, ученик нажимает тумблеры № 3 и № 10 (все тумблеры первого ряда перенумерованы). Но допустим, ученик подумал, что слово *радиоприемник* является подлежащим и нажал тумблер № 2. Ментально зажигается красная лампочка (сигнал ошибки), и специальный счетчик над лампочкой эту ошибку засчитывает.

После того как в предложении выделены главные члены, надо проверить его на наличие или от-

инженера М. В. Эткина.

³⁹⁸ Техническое описание машины дано в нашей (совместно с С. П. Хлебниковым) статье [279].

³⁹⁹ Более подробно об этом см., например, в брошюре Л. В. Шеншева [352].

⁴⁰⁰ Чтобы не загромождать перфокарту, некоторые слова (например, служебные) не нумеруются.

существование признаков, определяющих его тип. Эти признаки написаны над вторым (средним) рядом тумблеров, каждый признак над одним определенным тумблером.

Согласно алгоритму, прежде всего надо проверить, есть ли в предложении подлежащие. Подлежащих, как мы уже знаем, в нем нет. Поэтому соответствующий тумблер мы должны поставить в положение «нет». Затем надо проверить, выражены ли все сказуемые глаголами 1-го или 2-го лица. Нет, не выражены. Поэтому мы поставим соответствующий тумблер также в положение «нет». Затем надо проверить, выражены ли все сказуемые глаголами 3-го лица множественного числа (в прошедшем времени — просто глаголами во множественном числе). В нашем примере — выражены. Поэтому соответствующий тумблер ставится в положение «да». Осталось произвести последнюю операцию: проверить, являются ли производителями действий одни и те же лица. Нет. Поэтому последний тумблер ставится в положение «нет». (Если бы в каком-то пункте ученик ошибся, например подумал, что производителями действий являются одни и те же лица, и поэтому поставил бы последний тумблер в положение «да», то машина снова дала бы сигнал ошибки, а счетчик приплюсовал бы эту ошибку к предыдущей.)

Анализ предложения по признакам закончен. Теперь надо сообщить машине ответ (решение). Ответы («сложное предложение», «простое предложение») написаны под последним, третьим рядом тумблеров. Если ученик ошибочно ответил, что разбираемое предложение простое, то опять зажигается красная лампочка и засчитывается еще одна ошибка. Если ученик ответил правильно, что разбираемое предложение является сложным, то зажигается зеленая лампочка и второй счетчик засчитывает правильный ответ. Если теперь нужно узнать оценку, то ученик нажимает специальный тумблер, и в окошечке появляется оценка его работы. Оценки ставятся по заложенному в машину критерию: «пять» — если нет ни одной ошибки, «четыре» — за одну-две ошибки и т. д. Блок оценок устроен так, что в зависимости от того, в какое положение будет поставлен специальный переключатель, машина будет ставить оценку либо за решение одной грамматической задачи, либо за решение двух задач, либо за решение трех задач и т. д., вплоть до 11 задач.

Мы привели пример того, как с помощью машины можно обучать алгоритмам решения грамматических задач. Но машину можно использовать и для обучения другим предметам. Для этого надо только разработать соответствующие алгоритмы. Некоторые такие алгоритмы разработаны. Например, для обучения технике перевода с немецкого языка на русский можно использовать ряд алгоритмов, составленных А. Р. Белопольской.

Настроить машину для работы по другой программе просто. Вся операция занимает меньше минуты.

Что же дает обучение с помощью машины, какие обучающие функции она выполняет?

Прежде всего она позволяет контролировать и оценивать не только конечный результат мыслительной деятельности ученика (решил он задачу или не решил), но и самый процесс решения, самый ход думания (посредством контроля промежуточных результатов). Она анализирует каждую мыслительную операцию и информирует ученика о каждом шаге его работы. Тем самым в обучение вводится оперативная обратная связь и обеспечивается немедленное подкрепление действий учащегося.

Использование машины весьма активизирует процесс обучения. Работая с машиной, ученик все время должен активно думать, производить всю необходимую умственную работу, осуществлять все мыслительные операции. Он не может, например, ответить на поставленный вопрос, полагаясь лишь на интуицию или действуя наугад. Машина «не примет» от него ответа, пока он не проведет все необходимые рассуждения и не обоснует свой ответ так, как нужно.

Далее. Осуществляя пооперационный контроль, машина корректирует операции в момент их осуществления и тем самым предупреждает образование и закрепление дефектных навыков и умений, формирование неправильных приемов мышления. Поскольку правильные операции подкрепляются, а ошибочные тормозятся, то создаются условия для более быстрой выработки необходимых умений и навыков.

Как известно, очень важно не только контролировать действия учащихся, но и вырабатывать у них навыки самоконтроля. Машину можно использовать для решения также и этой задачи. Можно составить программу работы таким образом, что на определенных этапах обучения она будет контролировать не действия ученика по решению задачи, а осуществляемый учеником контроль за своими действиями. Она будет контролировать самоконтроль.

Весьма существенна и возможность индивидуализации обучения, которую дает машина. Сейчас машина позволяет индивидуализировать только темп работы учеников, но ее можно модернизировать таким образом, что она будет учитывать и некоторые индивидуальные особенности усвоения. Нетрудно сделать так, что содержание каждого последующего задания будет «выдаваться» машиной в зависимости

от результатов выполнения предыдущего.

Наконец, большое значение имеет разгрузка учителя. Будучи освобожденным от механической, в значительной части, работы по проверке тетрадей, по контролю за выполнением учащимися нужных операций, он сможет сосредоточить свое внимание на решении других, более сложных и тонких вопросов, требующих высокой квалификации и творческого мышления.

В настоящее время машина выполняет обучающие, диагностические и экзаменационные функции. Если к ней присоединить запоминающее устройство, то она сможет запоминать все неправильные операции за определенный период работы и после выполнения учеником задания «выдавать» учителю диагноз состояния мыслительной деятельности ученика. Это будет как бы рентгенограмма состояния его мыслительных процессов. Ознакомившись с ней, учитель сразу будет видеть, какими операциями ученик не владеет или плохо владеет, что надо в его деятельности откорректировать и «наладить».

Отличие описываемой машины от многих существующих машин состоит в том, что она контролирует (об этом уже говорилось) не только результат мыслительной деятельности ученика, но и самый процесс этой деятельности, контролирует не только конечное решение задачи, но и ход этого решения, правильность осуществления мыслительных операций. Впрочем, многое зависит от программирования. Одну и ту же машину можно часто использовать по-разному, в зависимости от того, чему и как хотят научить учащихся, из какой концепции обучения и учения исходят при конструировании и применении машин. В основе нашего подхода лежит установка на специальное формирование мыслительных операций и их структур, стремление возможно более полно управлять самими процессами мышления, воздействовать на внутренние «механизмы» мыслительной деятельности, вырабатывать методы решения задач.

Заметим, что тот способ работы с машиной, который мы описали (пооперационное осуществление алгоритмического процесса и пооперационный контроль), обеспечивает успешное формирование мыслительной деятельности лишь на определенном этапе, а именно — этапе, когда все операции должны осуществляться развернуто и сознательно. Когда же на следующем этапе возникает задача эти операции «свернуть» и их выполнение автоматизировать, необходимо отказаться от пооперационного осуществления алгоритмического процесса и пооперационного контроля (на этом этапе это может начать тормозить формирование нужных качеств процесса). Но на этом этапе машину можно переключить на другой режим работы и контролировать только конечный результат деятельности ученика по решению задачи, что позволит ему осуществлять все операции свернуто и автоматизированно.

Создание и применение обучающих машин не преследует цели вытеснить учителя из педагогического процесса, заменить его. Как раз наоборот. Применение машин, освободив учителя от большой доли механической работы, позволит ему сосредоточить время и силы на подлинно творческой работе. Было бы крайне неразумно стремиться возложить на машины все функции учителя; учитель был и останется ведущим звеном учебного процесса. Ведь процесс обучения — это не только передача учащимся знаний, умений и навыков. Это и процесс воспитания. Причем воспитывающая функция обучения с каждым годом приобретает все большее значение.

Хотя ученик на определенных этапах обучения будет работать с машиной один на один, программу обучения будет составлять не машина, а методист и учитель. Следовательно, учить в конечном счете будет не машина, а преподаватель и методист с помощью машины. Машина будет в руках учителя таким же техническим средством обучения, как и другие технические средства, только в некоторых отношениях значительно более совершенным. При этом роль и ответственность преподавателя возрастет, так как составить хорошую программу обучения весьма трудно, а если в ней окажутся какие-нибудь дефекты, то это принесет большой вред всем учащимся.

В настоящем параграфе мы не ставили своей задачей сколько-нибудь подробно осветить проблему обучающих машин и способы их применения в процессе обучения. Мы только хотели показать возможные пути использования машин в обучении мыслительным операциям, в формировании у учащихся необходимых методов мышления. На сегодняшний день опыт применения машин в указанных целях еще слишком незначителен, чтобы на его основании можно было делать какие-либо окончательные выводы и заключения. Вряд ли, однако, можно сомневаться в том, что применение обучающих машин также и для специального обучения методам мышления (а не только в тех целях, в которых они сейчас обычно применяются) имеет большое будущее, что использование машин для обучения методам мышления открывает значительные возможности повышения эффективности учебного процесса в целом.

XIX

ПРОБЛЕМА РАСЧЛЕНЕНИЯ МЫСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ОПЕРАЦИИ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ОБУЧЕНИИ

Мы говорили выше о том, что при составлении алгоритмов и при обучении им (и добавим — вообще при программировании обучения) очень большое значение имеет правильное определение того, какие операции являются для данных учащихся элементарными. Мы отмечали также, что понятие элементарной операции является относительным и что одна и та же операция для человека одного возраста или уровня развития может быть элементарной, а для человека другого возраста или уровня развития — неэлементарной. Поскольку успешно формировать более сложные операции можно, только опираясь на уже сложившиеся к данному моменту операции (т. е. операции, являющиеся или ставшие для ученика элементарными), представляется целесообразным специально рассмотреть некоторые вопросы, связанные с выявлением элементарных для учащихся операций и со способами их учета при построении методики обучения.

До сих пор каждую операцию по проверке признака, данного в логической схеме признаков, мы рассматривали как одну элементарную операцию. Именно такой, например, мы считали операцию по выделению подлежащего, когда обучали учащихся схемам действий по распознаванию видов простых предложений и по распознаванию сложносочиненных предложений в отличие от простых с однородными членами.

Между тем, если бы мы обратились к схеме действий по распознаванию подлежащего (при изучении темы «Подлежащее» учащиеся такую схему составляли), мы бы увидели, что распознавание подлежащего представляет собой не одну простую операцию, а целую систему операций. Можно ли в таком случае систему операций рассматривать как одну простую операцию? На этот вопрос надо ответить положительно. После того как система операций по распознаванию подлежащего у учащихся сформирована и у них сложился соответствующий стереотип (т. е. одна операция начинает вызывать другую автоматизированно), осуществление каждой операции перестает требовать специального внимания и усилия (и даже осознаться) и вообще перестает выступать для человека как о т д е л ь н а я операция. Человек теперь произвольно и сознательно оперирует с целостными системами операций, их комплексами, и они-то и осознаются в качестве отдельных, далее не разлагаемых единиц. Таким образом, то, что на одном этапе обучения выступает для человека как определенная совокупность операций, на другом этапе может выступать как некий целостный единый акт, как одна простая операция. Теперь достаточно человеку указать на эту операцию (например, сказать: «Выдели подлежащее»), как включается вся система действий, обеспечивающая решение задачи. Если бы это было не так, если бы человек всегда должен был сосредоточивать внимание на каждой отдельной элементарной операции и произвольно каждую такую операцию вызывать и выполнять, то никакая деятельность, по сути дела, была бы невозможна. Ведь при решении даже сравнительно простых задач человек часто должен производить по нескольким десяткам операций.

Несовпадение того, как о с о з н а е т с я , какой предс т а в л я е т с я та или иная операция и какой она на самом деле я в л я е т с я (кажется, что операция проста, в действительности же она сложна, составлена из других операций), приводит к одному существенному недостатку, встречающемуся в практике обучения. Он заключается в том, что нередко ту или иную операцию считают простой, элементарной и апеллируют к ней как к элементарной, а на самом деле она для учащихся данного возраста и данного уровня развития является составной (сложной) и ее надо формировать как сложную, т. е. расчленять на компоненты, на более элементарные операции и обучать именно им. Если же этого не делается, то сформировать нужную составную (сложную) операцию не удастся; в мыслительной деятельности появляются изъяны, дефекты, что отрицательно сказывается на усвоении всех последующих знаний и на умственном развитии учащихся в целом.

В процессе экспериментального обучения мы большое внимание уделяли оценке каждой отдельной операции с точки зрения того, какой она является для учащихся данного возраста и данного уровня развития: простой или сложной. В зависимости от этого решался вопрос о том, следует ли расчленять данную операцию на составляющие ее более элементарные операции, чтобы им учить, или этого делать не надо, так как все компоненты сложной операции у учащихся уже сформированы.

Исследование показало, что операции, которые первоначально казались простыми, не требующими дальнейшего расчленения на более элементарные операции, на деле для многих учащихся таковыми не были⁴⁰¹. Потребовалось специальное расчленение этих операций на составляющие их более

⁴⁰¹ Напомним, что простой (или элементарной) операций мы называем операцию, обучение которой не требует

элементарные операции, чтобы, обучив им, сформировать у учащихся необходимые сложные операции.

Приведем примеры некоторых таких сложных операций. Среди операций, которые надо было про- извести, чтобы распознать подлежащее (при изучении темы «Подлежащее»), была операция постановки к слову вопроса *кто?* или *что?* и замены слова, отвечающего на вопрос *что?*, местоимением именительного падежа (*он, она, оно* или *они*).

Необходимость этой операции вызвана следующим обстоятельством. Как известно, слово, отвечающее на вопрос *что?*, может быть и именительного, и винительного падежа. Замена нужна для того, чтобы определить падеж слова. Так, в предложении *Дом построило предприятие* слово *дом* не будет подлежащим, так как *его* построило предприятие (*его* — винительный падеж), а не «*он построило предприятие*».

Использованный нами прием замены существительного местоимением является более естественным, чем применяемые обычно приемы определения падежа, имеющие некоторые существенные недостатки. Первый из обычно применяемых приемов — это замена слова, отвечающего на вопрос *что?*, одушевленным существительным (например, существительным *корова*). Второй прием — постановка двойного вопроса *кого? что?* Недостаток первого приема состоит в том, что замена слова, отвечающего на вопрос *что?*, одушевленным существительным, часто приводит к нелепым предложениям и приучает учащихся к бессмыслице (например, *корову построило предприятие*). Недостаток второго приема состоит в том, что он приучает неграмотно ставить вопросы. Так, разбирая предложение *Дом построило предприятие* и ставя к слову *дом* двойной вопрос *кого? что?*, ученик фактически ориентируется только на вопрос *кого?*, так как вопрос *что?* не является различающим. Спросить же: *кого построило предприятие?* — неграмотно. Но именно на этот вопрос и ориентируется учащийся. Приучение учащихся к подобным вопросам разрушает ту сложившуюся в речевой практике правильную дифференциацию одушевленных и неодушевленных предметов, без которой не может быть подлинной культуры речи. Об этом свидетельствуют зафиксированные нами многочисленные ошибки учащихся. В отличие от указанных приемов прием замены существительного местоимением лишен какой бы то ни было искусственности и недостатков, так как соответствует обычной речевой практике. Подобные замены постоянно осуществляются в речи (например, *Предприятие построило дом, и вскоре его заселили*). Более того, тренировка в замене существительного местоимением воспитывает важное качество культуры речи — умение избегать повторения одних и тех же слов. Так, например, фраза *Мне показалось, что идет мой товарищ, но это был не мой товарищ* стилистически плоха. Любой редактор исправит ее таким образом: *Мне показалось, что идет мой товарищ, но это был не он*.

Проверка слова на наличие у него одного из признаков подлежащего — «отвечает ли слово на вопрос *кто?*» (или, соответственно, *что?*) — казалась нам сначала простой, элементарной операцией. В эксперименте, однако, обнаружилось, что некоторые учащиеся в отдельных случаях «не видели» в предложении всех слов, отвечающих на вопрос *кто?* или *что?* Эксперимент показал, что операция по проверке этого признака состоит из двух (не единожды применяемых) операций, одну из которых некоторые учащиеся не применяли. Чтобы выделить слова, отвечающие на вопрос *кто?* или *что?*, надо ставить к словам вопросы (это одна операция) в процессе перехода от слова к слову (вторая операция). Оказалось, что операцией последовательного перехода от слова к слову некоторые учащиеся не владели, поэтому они в ряде случаев «не замечали» слов, отвечающих на нужный вопрос. Дети (да в обычных условиях и взрослые) не осознают эту операцию как особую операцию; она автоматизировано осуществляется у них в процессе чтения. У некоторых же учащихся эта операция не сформирована, она автоматизировано не осуществляется, и ее пришлось специально отрабатывать.

Далее, операция замены слова, отвечающего на вопрос *что?*, местоимением *он (она, оно, они)* также казалась первоначально простой операцией. В самом деле, в первый момент даже трудно представить себе, на какие еще операции можно разложить эту операцию и можно ли это сделать вообще, — настолько эта операция элементарна. Взрослому человеку сразу видно, что в предложении *Поле занесло снегом* слово *поле* заменяется местоимением *его*, а не *оно*. Эксперимент, однако, показал, что некоторым учащимся это сразу не видно и что операция замены является сложной, состоящей из нескольких более простых, элементарных операций, не овладев которыми невозможно безошибочно произвести замену и определить, является ли слово подлежащим⁴⁰². Так, в процессе упражнений по применению

расчленения на составляющие ее еще более элементарные операции. Оценка той или иной операции как простой или сложной может быть получена в процессе экспериментального изучения умственной деятельности учащихся определенного возраста и класса. Один из важных показателей того, что некоторая операция является (или стала) для ученика элементарной, состоит в том, что ученик всегда безошибочно и однозначно выполняет ее в ответ на соответствующее предписание. Существенной особенностью элементарных операций является при этом то, что еще более элементарные операции, — операции, входящие в состав данной, — уже не сознаются как отдельные операции: они сложились в единую автоматизированную систему, которая актуализируется одним сигналом, одной командой.

⁴⁰² При этом остается в силе высказанное выше положение, что прием замены слова, отвечающего на вопрос *что?*, местоимением является значительно более легким и надежным (и вообще более «хорошим»), чем обычно применяемые приемы.

одного из признаков подлежащего («слово, отвечающее на вопрос ч т о?, заменяется местоимениями *он, она, оно, они-»*)⁴⁰³ ряд слабых учащихся допустили такие ошибки:

1. К слову, отвечающему на вопрос ч т о?, они пытались подставлять по очереди все местоимения. Между тем надо подставлять только то местоимение, которое соответствует роду или числу существительного. Например, если имеется предложение *Дом построило предприятие*, то слово *дом* (это существительное мужского рода) надо пробовать заменить на *он* и незачем пробовать заменять его на *она, оно, они*. Казалось бы, это совершенно очевидно и незачем, обучая операции замены, указывать: «Обрати внимание на род и число заменяемого существительного». Но для некоторых учащихся это оказалось не очевидным, и им пришлось указать эту операцию, входящую в качестве элемента в операцию замены местоимением существительного, отвечающего на вопрос что?

2. Некоторые учащиеся, у которых плохо развито чувство языка, в предложениях типа *Поле занесло снегом* заменили *поле* на *оно*, и у них «все получилось». Предложение *Оно занесло снегом* для них «звучит». Когда же мы их попросили заменить *поле* на *его* (*Его занесло снегом*), они сказали, что «так лучше» и что *поле* заменяется не на *о н о*, а на *е г о*. Отсюда естественно сделать вывод: тренируя учащихся в применении указанного признака, надо приучать их (хотя бы на первых порах) делать двойную замену (*он — его, она — ее* и т. д.) и выбирать то местоимение, которое подходит больше. Это вторая элементарная операция, которая входит в операцию проверки разбираемого нами признака.

3. Заменяв слово, отвечающее на вопрос что?, местоимением, некоторые учащиеся не прочитывали это местоимение вместе со сказуемым. В ряде случаев это приводило к ошибке. Например, в предложении *Коллективу сотрудников выразили благодарность* один ученик сделал следующее: он нашел слово, отвечающее на вопрос что? (*благодарность*), затем заменил это слово на местоимение *она* (*благодарность — о н а*) и сказал: «Заменяется,— значит, подлежащее».

На самом же деле, для того чтобы узнать, на какое местоимение заменяется существительное, надо это местоимение прочитать вместе со сказуемым. «*Объявили о н а*» сказать невозможно, надо сказать *объявили ее*.

Отсюда вывод: после замены существительного на местоимение необходимо прочитать это местоимение вместе со сказуемым. Это третья операция, которая входит в операцию проверки разбираемого нами признака.

4. Часто при существительных, которые надо заменять на местоимения, имеются прилагательные или причастия, выполняющие роль определений, например: *Большой красивый дом построило наше предприятие*. Если заменить существительные местоимениями и прочитать местоимения вместе с определениями, то получается бессмыслица: *Большой красивый его построило наше предприятие* или *Большой красивый дом построило наше оно*.

Отсюда следует: после замены существительного местоимением надо отбрасывать все относящиеся к существительному определения и читать местоимение с глаголом-сказуемым без определений. Это четвертая операция, которая входит в операцию проверки разбираемого нами признака. Если ее не выполнить, то замена кажется невозможной, хотя на самом деле существительное местоимением заменяется.

5. Некоторым учащимся замена кажется невозможной и по другой причине. Заменяв в предложении *Береза — дерево* последнее существительное на местоимение и прочтя предложение *Береза есть оно*, они говорят: «Не звучит, не заменяется»⁴⁰⁴. Чтобы избежать подобного рода ошибок, требуется про-

⁴⁰³ Признак этот не является достаточным и входит в систему других признаков.

⁴⁰⁴ Признак «подлежащее отвечает на вопрос кто? (или, соответственно, на вопрос ч т о?) и заменяется местоимениями *он, она, оно* или *они*» является недостаточным. Бывают предложения, в которых есть два слова, стоящие в именительном падеже (т. е., отвечающие на вопрос к т о? или отвечающие на вопрос что? и заменяемые указанными местоимениями), например: *Он врач, Береза — дерево* и т. п. Для этих случаев учащимся давался дополнительный признак: если в предложении имеется два слова, отвечающих на вопрос кто? или отвечающих на вопрос ч т о? и заменяемых местоимениями именительного падежа, то подлежащим при обычном (прямом) порядке слов является первое слово; второе же слово входит в состав составного именного сказуемого. Что касается порядка слов, то он определяется прежде всего по интонации. Работу над интонацией надо проводить специально. Важно, в частности, чтобы учащиеся умели по интонации определять прямой и обратный порядок слов и чтобы они умели в устной речи при помощи интонации выражать тот и другой порядок слов. Это существенный элемент культуры речи.

Что касается предложений типа *Следовать за мыслями великого человека есть наука самая занимательная*, т. е. случаев, когда подлежащим является неопределенная форма глагола, а существительное в именительном

известить следующую операцию: заменив существительное местоимением, надо поставить после местоимения это существительное в скобках, сказав перед ним «то есть». Например, *Береза есть оно* (то есть *дерево*). Или: *Его* (то есть *дом*) *построило наше предприятие*. Это пятая операция, которая входит в операцию по проверке разбираемого нами признака.

Таким образом, мы видим, что такая, казалось бы, простая, элементарная операция, как замена существительного местоимением на самом деле является для части учащихся сложной, составной, состоящей из ряда других, более элементарных операций. Для большинства учащихся эта сложная операция выступала как простая, их не приходилось специально обучать составляющим эту операцию более элементарным операциям. Для некоторых же средних и слабых учащихся эта операция простой не оказалась, и их пришлось обучать тем элементарным операциям, из которых составлена эта более сложная операция⁴⁰⁵. Если бы этого не было сделано, то, можно думать, безошибочного применения этими учащимися указанного признака добиться бы не удалось.

Количество примеров, показывающих, что те или иные на первый взгляд простые, элементарные и далее неразложимые операции на самом деле являются сложными, составными, можно было бы значительно увеличить. Однако и приведенный материал показывает, что прежде чем учить какой-либо операции, важно точно определить, является ли она элементарной, сформирована ли она (и как она сформирована) и можно ли включить ее в алгоритм или же надо прежде сформировать саму эту операцию (для чего, как мы знаем, необходимо расчленить ее на еще более элементарные операции-компоненты). Из приведенных фактов ясно, что операции, кажущиеся взрослому человеку элементарными и далее нерасчленяемыми, во многих случаях являются на самом деле сложными, составными и им надо специально учить, предварительно расчленив их на компоненты⁴⁰⁶.

Остановимся, далее, на вопросе о том, какую важную роль в формировании этих составных (сложных) операций могут играть «Тетради для самостоятельной работы».

В процессе экспериментального обучения «Тетради для самостоятельной работы» использовались нами не только для формирования систем операций, которые задавались логической структурой признаков и указывались в схеме действий как простые операции, но и для формирования, когда это было нужно, тех еще более элементарных операций, на которые первые, в случае необходимости, должны были быть расчленены.

Приведем одно из упражнений по теме «Подлежащее», цель которого — сформировать те элементарные операции, из которых складывается составная операция замены слова, отвечающего на вопрос *ч т о?*, местоимениями *он* (*она*, *оно*, *они*) или, соответственно, *его* (*ее*, *его*, *их*). Учащимся дается ряд предложений, в которых слова, отвечающие на вопрос *ч т о?*, выделены разрядкой. (Например, *Комсомольцам нашего класса дали ответственное поручение*). Надо сделать следующее:

1. выписать это слово вместе с глаголом;
2. заменить его сначала местоимением в именительном падеже, затем местоимением в винительном падеже и затем записать местоимения вместе с глаголом;
3. проверить, какое из местоимений «подходит», а какое «не подходит»; неподходящее зачеркнуть;
4. обратиться снова к предложению, написать «подходящее» местоимение над подчеркнутым словом, а также вопрос, на который слово отвечает, а под словом подписать вывод: «подлежащее» или «не подлежащее».

Вот как выглядит это предложение после того, как над ним была проделана вся необходимая работа:

Комсомольцам нашего класса дали ответственное п о р у ч е н и е .

1) *поручение дали*

2) *о н о*⁴⁰⁷ *дали; его дали* *его? что?*

Комсомольцам нашего класса дали ответственное п о р у ч е н и е .

Несмотря на кажущуюся сложность инструкции, после показа на образце того, что нужно делать, учащиеся сразу запоминают все необходимые операции и, как правило, безошибочно выполняют это упражнение. Как можно заметить, выполнение упражнения как раз и обеспечивает формирование тех пяти операций, о которых говорилось выше и которые являются компонентами составной операции по проверке, каким местоимением заменяется слово, отвечающее на вопрос *ч т о?*

«Тетради для самостоятельной работы» были использованы также для формирования элементарных операций по теме «Однородные члены предложения». Особенное внимание уделялось выделению и выписыванию

падеже входит в состав именного составного сказуемого, то учащимся указывались признаки, позволяющие правильно распознавать подлежащее и сказуемое и в этих случаях.

⁴⁰⁵ Приведенный пример свидетельствует о важности индивидуализации обучения. Весьма благоприятные условия для такой индивидуализации создает, как уже говорилось, программированное обучение.

⁴⁰⁶ «Докопаться», из каких более элементарных операций они складываются, бывает не так легко, потому что взрослые этих операций обычно не осознают.

⁴⁰⁷ Это местоимение «не подходит»: его зачеркиваем.

разных рядов однородных членов, так как невладение операциями по выделению рядов однородных членов является одной из основных причин пунктуационных ошибок в простых предложениях с однородными членами.

Приведем образец выполнения одного из заданий, цель которого состояла в обучении учащихся операциям выделения рядов однородных членов.

Большая поездка по стране посещение городов и сел встречи с рабочими и колхозниками обогатили меня и моих друзей и запомнятся нам на всю жизнь.

1) *поездка, посещение, встречи*

чего?

а) *посещение городов и сел*

с кем?

б) *встречи с рабочими и колхозниками*

2) *обогатили и запомнятся*

кого?

а) *обогатили меня и друзей*

3) *поездка, посещение, встречи обогатили и запомнятся*

Схема



Предложение в результате анализа приобретает такой вид: *Большая поездка по стране, посещение городов и сел, встречи с рабочими и колхозниками обогатили меня и моих друзей и запомнятся нам на всю жизнь.*

Мы охарактеризовали основные задачи и принципы экспериментального обучения, а также те пути, которыми мы шли в осуществлении этих задач. Перейдем теперь к анализу результатов экспериментального обучения.

XX

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И КОНТРОЛЬНЫХ КЛАССАХ

§ 1. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ

Приведем количественные данные о результатах обучения в экспериментальных и контрольных классах. В таблицах указано количество ошибок (в среднем на ученика) при выполнении одной и той же контрольной работы.

Контрольная работа по теме «Подлежащее» состояла из 50 предложений и предлагалась учащимся шестых классов сразу после изучения этой темы, а учащимся седьмых классов — после ее повторения. Каждый ученик получал два листка с отпечатанными на ротаторе предложениями, в которых он должен был либо подчеркнуть подлежащее (если, по его мнению, подлежащее в предложении имелось), либо написать «п. н.» — «подлежащего нет» (если он считал, что подлежащее в предложении отсутствовало).

Контрольная работа по теме «Виды простых предложений» проводилась сразу после прохождения этой темы. В контрольной работе были использованы те же предложения, что и в контрольной работе на распознавание подлежащего. Чтобы исключить возможность неправильного определения вида предложения из-за ошибок в распознавании подлежащего и сказуемого, главные члены в предлагавшихся учащимся предложениях были подчеркнуты.

Контрольная работа по теме «Сложносочиненное предложение» проводилась с учащимися седьмых классов после изучения темы, «Сложносочиненное предложение» Тема «Однородные члены предложения» перед этим, как того требует учебная программа, повторялась. Кроме того, в процессе изучения темы «Сложносочиненное предложение» сложносочиненные предложения, как правило, сопоставлялись с простыми предложениями с однородными членами. Контрольная работа проводилась следующим образом. Раздавались отпечатанные на ротаторе 40 предложений, в которых учащиеся должны были расставить знаки препинания.

Приведем таблицы, показывающие число ошибок учащихся различных классов при выполнении контрольных работ по всем указанным темам.

Теперь приведем таблицы, показывающие распределение учеников экспериментального и контрольного классов по числу допущенных ими ошибок в контрольной работе по теме «Сложносочиненное предложение».

Распределение учеников экспериментального класса по числу допущенных ими ошибок

Число ошибок в контрольной работе (на 40 предложений)	Число учеников, допустивших ошибки	Процент учеников, допустивших ошибки
0	7	19
1	12	32
2	1	2
3	5	13
4	1	3
5	4	11
6	1	3
7	0	0
8	3	8
9	2	5
от 10 до 15	0	0
16	1	3
Итого	37	100

Как мы видим, 19% учащихся не допустили ни одной ошибки, 32% учащихся — одну ошибку, 30% учащихся — от двух до пяти ошибок и только 19% учащихся допустили более пяти ошибок. Говоря другими словами, более половины учащихся (51%) допустили не более одной ошибки, а около трети учащихся (30%) — от двух до пяти ошибок. Надо также заметить, что ученица, допустившая 16 ошибок, является, по отзывам врача и учителей, умственно отсталой, и ее следует перевести в специальную школу, а пять учеников, допустивших 8 и 9 ошибок, часть времени проболели.

Число ошибок учащихся различных классов в контрольной работе по теме «Подлежащее»

Номера классов	Контрольные классы																Экспериментальные классы (шестые)				
	шестые				седьмые																
	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10	№11	№12	№1	№2	№3	№4	№5
Среднее количество ошибок (на ученика) в классе	20,6	21,8	22,1	26,9	14	14,8	15,7	16,6	16,8	17,2	17,8	20	21,5	22,2	22,8	23	2,7	2,7	3,1	5,3	5,4
Среднее количество ошибок (на ученика) по группе классов	22,8				18,5												3,7				

Число ошибок учащихся различных классов в контрольной работе по теме «Виды простых предложений»

Номера классов	Контрольные классы				Экспериментальные классы				
	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4	№5
Среднее количество ошибок (на ученика) в классе	20,6	21,8	22,1	26,9	2,7	2,7	3,1	5,3	5,4
Среднее количество ошибок (на ученика) по группе классов	22,8				3,7				

**Число ошибок учащихся различных классов в контрольной работе по теме
«Сложносочиненное предложение»**

Номера классов	Контрольные классы							Экспериментальный класс
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	
Среднее количество ошибок (на ученика) в классе	15,5	15,6	19,1	19,5	20,6	25	28,3	3,1
Среднее количество ошибок (на ученика) по группе классов	20,5							3,1

В контрольных классах распределение ошибок было совсем другим. Вот данные по семи контрольным классам, учащиеся которых после изучения темы «Сложносочиненное предложение» выполняли ту же контрольную работу.

Распределение учеников контрольных классов по числу допущенных ими ошибок

Число ошибок в контрольной работе (на 40 предложений)	По классам № 1 — № 7							Во всех классах	Процент учеников, допустивших ошибки (от общего числа учеников всех классов)
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7		
0—5	4	4	1	1	0	0	0	10	4,4
6—10	8	5	1	4	5	1	0	24	10,1
1—15	4	7	3	4	6	1	2	27	11,9
16—20	4	14	8	10	5	7	6	54	23,6
21—25	5	5	8	7	9	8	8	50	21,9
25—30	3	2	1	7	8	5	9	35	15,4
31—35	1	1	2	2	3	4	7	20	8,7
36—40	1	0	0	0	0	1	2	4	1,8
41—47	0	0	0	1	0	1	3	5	2,2
Итого	30	38	24	36	36	28	37	229	100

Приведем теперь сводную таблицу, которая покажет распределение ошибок учащихся контрольных и экспериментальных классов в сравнении. В таблице показано, какой процент учащихся (по отношению к общему количеству учащихся контрольных и экспериментального классов) допустили данное количество ошибок.

Сравнительное распределение учеников экспериментального и контрольных классов (в %) по числу допущенных ими ошибок

Число ошибок в контрольной работе (на 40 предложений)	Экспериментальный класс	Контрольные классы
0-5	80	4,4
6—10	17	10,1
11—15	0	11,9
16—20	3	23,6
21—25	0	21,9
26—30	0	15,4
31—35	0	8,7
36—40	0	1,8
41—47	0	2,2
Итого	100	100

Как мы видим, если основная масса учащихся экспериментального класса (80%) допустили от 0 до 5 ошибок, то основная масса учащихся контрольных классов (82,9%) допустили от 6 до 30 ошибок.

Мы привели количественные данные, показывающие успешность решения грамматических задач учащимися экспериментальных и контрольных классов. Как видно из приведенных цифр, учащиеся экспериментальных классов делали в 5—7 раз меньше ошибок, чем учащиеся контрольных классов, обучавшиеся по обычной методике. Это говорит о высокой эффективности специального обучения учащихся общим методам мышления, и в частности алгоритмам.

§ 2. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

Чтобы содержательно объяснить причины столь резких различий в успешности решения задач учащимися экспериментальных и контрольных классов, проанализируем качественные особенности умственной деятельности тех и других. Ведь известно, что одним из существенных результатов применения той или иной методики обучения является формирование у учащихся определенных методов умственной работы, определенных особенностей мыслительной деятельности.

Первой особенностью умственной деятельности, характерной для учащихся контрольных классов, является то, что они, не зная общих методов решения грамматических задач, не могут дать полного ответа на вопрос, что и в какой последовательности надо делать, чтобы, например, определить, каков вид данного простого предложения, каким является данное предложение — сложносочиненным или простым с однородными членами и т. п. Приведем ответы ряда учащихся (испытуемых) на вопрос, который формулировался так: «Допустим, перед человеком предложение и он не знает, какое оно: сложносочиненное или простое с однородными членами. Как бы вы ему объяснили, что и в какой последовательности надо делать, чтобы определить тип предложения?»

Ученица Тамара З.

Вместо того чтобы ответить на вопрос в общей форме, она рассказывает о том, что делает она сама.

И с п. Ищу в предложении главные члены...

Э к с п. Затем?

И с п. Если в предложении есть придаточное, то предложение сложное.

Э к с п. А если нет?

И с п. Если предложение состоит из нескольких самостоятельных, то — сложносочиненное.

Э к с п. А как ты узнаешь, состоит ли предложение из нескольких самостоятельных или не состоит?

И с п. Ищу главные члены и смотрю... (пауза).

Э к с п. На что смотришь?

И с п. Не думала...

Кроме того, что в предложении надо найти главные члены, ученица ничего сказать не может. Но нахождение главных членов само по себе, как мы видели, еще не дает решения задачи определения типа предложения. Общего метода определения типа предложения ученица не знает.

Ученица Вера М.

И с п. Сначала надо найти главные члены предложения, затем определить, какое это предложение: сложносочиненное или простое.

Э к с п. Как же это определить? Что для этого надо сделать?

Ученица молчит, на вопрос ответить не может.

Ученица Неля М.

И с п. Прежде всего надо найти главные члены предложения. Если в предложении имеется по нескольку главных членов, то оно сложное, если же нет, то простое.

Э к с п. Обязательно ли в сложном предложении должно быть несколько пар главных членов (несколько подлежащих и несколько сказуемых)?

И с п. Нет, ведь в него могут входить назывные предложения, безличные...

Э к с п. А если в предложении нет нескольких пар главных членов, будет ли оно обязательно простым?

И с п. Тоже, пожалуй, нет.

Э к с п. Как же все-таки определить, каким является предложение: сложносочиненным или простым с однородными членами?

Ответить на вопрос ученица не может.

Ученица Люда П.

И с п. Если предложение простое, то оно будет личным, безличным, неопределенно-личным или назывным. Если предложение сложное, то оно должно состоять из нескольких простых.

Э к с п. А как узнать, состоит ли оно из нескольких простых или не состоит? Что для этого надо сделать?

И с п. Если предложение сложное, то должны быть союзы или интонация перечисления.

Э к с п. А разве в простом предложении не может быть союзов или интонации перечисления?

И с п. Может.

Э к с п. Как же узнать, каким является предложение.

И с п. Трудно так сказать.

Ученица Лена С.

И с п. В сложном предложении простые предложения как бы связаны по смыслу.

Э к с п. Значит, ты определяешь сложносочиненное предложение по смыслу?

И с п. Да.

Э к с п. А разве части простого предложения по смыслу не связаны?

И с п. Связаны...

Э к с п. Так как же отличить сложное предложение от простого?

Ученица ответить не может.

Ученица Аня И.

И с п. Я нахожу подлежащее и сказуемое, потом смотрю, законченный смысл или нет.

Э к с п. Какой отрезок предложения ты выделяешь для рассмотрения? Как ты решаешь, что данный отрезок надо проверять на законченность смысла?

И с п. Читаю, пока не покажется, что смысл законченный.

Аналогичное положение имеет место и в отношении других предложений.

В отличие от учащихся контрольных классов, учащиеся экспериментальных классов т о ч н о и о п р е д е л е н н о ф о р м у л и р у ю т о б щ и й м е т о д р а с п о з н а в а н и я сложносочиненных предложений в отличие от простых с однородными членами, а также общие методы распознавания подлежащего и видов простых предложений.

Вот как, например, отвечает на поставленный вопрос ученица экспериментального класса Таня З.

Ученица Таня З.

И с п. Сначала в предложении надо найти все подлежащие и все сказуемые; затем посмотреть, какое сказуемое к какому подлежащему относится. Если все сказуемые относятся к одному и тому же подлежащему, то предложение простое, если же нет, то сложное. Дальше. Если в предложении нет подлежащих, то надо посмотреть, выражены ли все сказуемые в нем глаголами 1-го или 2-го лица. Если да, то предложение простое. Если нет, то надо посмотреть, выражены ли все сказуемые глаголами 3-го лица множественного числа. Если нет, то предложение сложное, если да, то надо посмотреть, кто является производителем действий. Если действие производится одними лицами, то предложение простое, если разными, то сложное. Все.

Подобные ответы давали и другие учащиеся. Приведем еще один пример — ответ ученика Игоря Х.

Ученик Игорь Х.

И с п. Мы находим в предложении подлежащие, потом — сказуемые, потом смотрим, что к чему относится. Если все сказуемые относятся к одному и тому же подлежащему, то предложение простое, если же к разным, то сложное. Если в предложении есть только сказуемые, а подлежащих нет, то мы смотрим, чем выражены сказуемые. Если они выражены глаголами 1-го или 2-го лица, то предложение простое. Если же они не выражены ни 1-м ни 2-м лицом и не выражены также глаголами 3-го лица множественного числа, то предложение сложное. Если же все они выражены 3-м лицом множественного числа, то все зависит от того, кто производит действие. Если действие производят одни и те же лица, то предложение простое, если разные, то сложное.

Как мы видим, оба ученика указывают полную и общую систему операций, которая дает возможность распознать сложносочиненное предложение в отличие от простого с однородными членами. Эта система операций является общим методом, позволяющим решить большинство задач данного класса. Операции, которые указывают учащиеся, полностью соответствуют той схеме действий, которая была приведена выше. Ответы учащихся различаются лишь речевыми формулировками.

В т о р о й о с о б е н н о с т ь ю умственной деятельности, характерной для учащихся контрольных классов, является большая р а з н о р о д н о с т ь п р и е м о в р е ш е н и я о д н о й и той же з а д а ч и р а з н ы м и у ч а щ и м я с я. Учащиеся, которые учатся в одном и том же классе и у одного и того же учителя, часто идут в решении одной и той же задачи самыми разными путями, многие из которых являются нерациональными, несовершенными или просто неправильными, приводящими к ошибкам. Это прямой результат того, что учащихся не обучали общим методам решения грамматических задач определенного типа, специально не формировали у них рациональных систем умственных операций⁴⁰⁸.

⁴⁰⁸ Различия в подходе к решению одних и тех же задач являются естественными и нормальными, если эти задачи

Например, при распознавании подлежащего одни учащиеся используют двойной вопрос *кто? что?*, а другие двойного вопроса не используют. Одни учащиеся выясняют падеж слова, отвечающего на вопрос *кто?*, другие учащиеся падежа не выясняют, делая сразу ошибочный вывод о том, что данное слово — подлежащее. Есть учащиеся, которые, поставив к слову вопрос, прочитывают это слово вместе со сказуемым, но есть учащиеся, которые этого не делают (что и приводит их к ошибкам). Так, одна ученица (Аня Ф.) в предложении *Мальчику купили лыжи* поставила к слову *лыжи* вопрос *кто? что?* и, не соотнеся это существительное с глаголом-сказуемым, заключила: «Это — подлежащее». Если бы она произвела указанную операцию соотнесения, она увидела бы, что *купили* требует вопроса *кого? что?* а не *кто? что?* и что *лыжи* не подлежащее. Но ученица эту операцию не применяет.

Часть учащихся осуществляет операции по анализу формально-грамматических признаков, другая часть анализирует главным образом смысловые признаки и т. д.

Такой же разноречивой наблюдается при решении учащимися контрольных классов других грамматических задач. Примеры по теме «Сложносочиненное предложение» приводились выше.

Если теперь с этой точки зрения рассмотреть методы решения грамматических задач учащимися экспериментальных классов, то для них характерно *единство применяемых методов*. Разные учащиеся в решении задач одного и того же типа применяют одни и те же методы — правильные и рациональные. Соответствующие методы были описаны выше, поэтому мы не будем их здесь приводить.

Третьей особенностью умственной деятельности учащихся контрольных классов является то, что, *разбирая одно какое-либо предложение, ученик идет одним путем, разбирая другое — часто совершенно аналогичное, — другим*, хотя на самом деле метод действий должен быть общим, единым. Таким образом, общим методом не владеют не только разные учащиеся одного и того же класса, но и каждый отдельный ученик. Этим и объясняется то, на первый взгляд совершенно непонятное явление, когда одну задачу ученик решает правильно, а другую — аналогичную — неправильно. Вот несколько примеров по теме «Подлежащее».

Предложения, приводимые ниже, стояли в контрольном задании либо рядом, либо недалеко друг от друга.

1. *Газеты принесли утром.* (Ученик пишет «п. н.», т. е. «подлежащего нет», что правильно.)

Поле занесло снегом. (Здесь этот же ученик подчеркивает в качестве подлежащего слово *поле*, что неправильно.)

2. *Треугольник есть многоугольник с наименьшим числом сторон.* (Ученик в качестве подлежащего правильно подчеркивает слово *треугольник*.)

Многоугольник с наименьшим числом сторон есть треугольник. (Тот же ученик подчеркивает как подлежащее то же слово *треугольник* и, следовательно, допускает ошибку.)

3. *Для него мне ничего не жаль.* (Учащийся правильно отмечает, что подлежащего нет.)

Мне необходимо поговорить с вами. (В этом предложении в качестве подлежащего тот же учащийся подчеркивает слово *мне*⁴⁰⁹.)

4. *Театр. Дворец спорта. Какие красивые здания есть в нашем городе! (Театр в качестве подлежащего подчеркнуто, а дворец спорта — нет.)*

Особенно наглядно отсутствие единого общего метода видно при анализе данных, полученных в индивидуальном эксперименте. Рассмотрим операции, которые применяла при распознавании подлежащего одна из самых сильных учениц, прошедших через индивидуальный эксперимент, отличница Люда В.

Разбирая предложение *Другой бы это сделал с радостью*, испытуемая применяет операцию постановки двойного вопроса *кто?, что?*, а при разборе совершенно аналогичного предложения *Немногие пойдут этой трудной дорогой* двойного вопроса не ставит, ограничиваясь только вопросом *кто?*⁴¹⁰. Но

не имеют рациональных алгоритмов решения или эти алгоритмы неизвестны. По отношению же к задачам, которые мы рассматриваем, такое положение в общем случае нельзя назвать нормальным: если существуют экономные и рациональные методы их решения, то почему каждый ученик должен пытаться решать задачу «на свой лад», идя часто путем случайных проб и допуская ошибки? (Сказанное не означает, что при решении одного и того же типа задач все учащиеся должны обязательно применять один и тот же метод и идти в решении одним путем; если существуют различные эффективные методы решения задач данного типа, то разные учащиеся могут применять те методы, которые им удобнее, «приемлемее», но они должны эти методы знать, владеть ими.)

⁴⁰⁹ Бывает и наоборот: *мне* в качестве подлежащего подчеркивается в первом предложении, а во втором не подчеркивается.

⁴¹⁰ Заметим, что ставить двойной вопрос в первом случае нерационально, так как, для того чтобы распознать

когда она же разбирает предложение *Все может перенести мужественный человек*, то не ставит ни двойного вопроса, ни вопроса кто?, а почему-то только вопрос что? Это приводит ее к ошибке. Она подчеркивает в качестве подлежащего слово *все*, хотя подлежащим является слово *человек*. Разбирая предложение *Треугольник есть многоугольник с наименьшим числом сторон*, эта же ученица вообще не применяет операции постановки вопроса, а пытается получить ответ, опираясь на интуицию.

И с п. (после некоторых колебаний). Здесь подлежащим может быть и *треугольник* и *многоугольник*, но, пожалуй, скорее, *треугольник*.

Когда экспериментатор, не удовлетворенный решением, принятым на основе интуиции, просит испытуемую обосновать свое мнение, она прибегает к операции воспроизведения одного из признаков, имеющегося, по ее мнению, в учебнике (хотя этого признака там нет).

И с п. В учебнике было сказано, что сначала идет подлежащее, а потом составное сказуемое. Это такой же случай.

Самое же интересное состоит в том, что, разбирая идущее вслед за этим совершенно аналогичное предложение *Многоугольник с наименьшим числом сторон есть треугольник*, испытуемая к этому признаку уже не обращается, его не применяет и совершенно уверенно говорит, что здесь подлежащим может быть и *треугольник*, и *многоугольник*.

Далее идет предложение *Следовать за мыслями великого человека есть наука самая занимательная*. Разбирая его, испытуемая не применяет ни одну из операций, использованных ранее, а прибегает к совершенно новому, причем неправильному приему. Она переставляет первую и вторую части предложения (*Наука самая занимательная — следовать за мыслями великого человека*) и ошибочно подчеркивает в качестве подлежащего слово *наука*. На вопрос, уверена ли она, что *наука* — подлежащее, испытуемая ответила, что да.

Мы не будем описывать других приемов, использованных испытуемой. Приведенных примеров достаточно, чтобы видеть, что даже у самой сильной ученицы отсутствует единый метод распознавания подлежащего, что она не владеет такой общей системой операций, которая позволяла бы безошибочно найти подлежащее в любом предложении.

Еще резче бросается в глаза невладение учащимися единым общим методом действий (и незнание его) при решении задач на распознавание сложносочиненного предложения в отличие от простого с однородными членами.

Приведем в качестве примера разбор одной и той же ученицей Галей К. трех предложений.

Поезд ушел, и его огни скоро исчезли.

И с п. Ищем подлежащее и сказуемое. (Испытуемая правильно указывает в предложении подлежащие и сказуемые.) Это сложное предложение, нужна запятая.

Э к с п. Откуда ты это знаешь?

И с п. Так ведь здесь подлежащее и сказуемое, и еще раз подлежащее и сказуемое, сразу видно, что состоит из двух простых предложений.

Ночь была туманная, и сквозь туман пробивался лунный свет.

И с п. (говорит сразу, как только прочла предложение). Простое, запятая не нужна.

Э к с п. Почему думаешь, что простое?

И с п. Ночь была туманная, и сквозь туман пробивался лунный свет. Все связано, одна мысль.

Э к с п. А почему ты решила, что здесь одна мысль?

И с п. Ночь туманная (испытуемая подчеркивает интонацией *туманная*), и сквозь этот же туман пробивался лунный свет. Одно от другого оторвать нельзя.

Э к с п. А ты подлежащие и сказуемые в этом предложении искала?

И с п. Нет.

Э к с п. Почему?

И с п. Здесь сразу видно, что простое.

Э к с п. А ты попробуй, найди.

Испытуемая находит подлежащие и сказуемые и подчеркивает их.

И с п. Это сложное предложение. Здесь есть подлежащее и сказуемое, и еще раз подлежащее и сказуемое. Как это я сразу не заметила?

Первая распустилась береза, и она первая пожелтела.

И с п. (после длительной паузы). Пожалуй, все же простое предложение.

Э к с п. Почему?

подлежащее, здесь достаточно вопроса к т о? В этом предложении нет именного составного сказуемого, следовательно, слово, отвечающее на вопрос к т о?, всегда будет подлежащим.

И с п. Ведь говорится про одну и ту же березу.

Э к с п. А ты подлежащие и сказуемые нашла?

И с п. Нашла.

Э к с п. Так ведь здесь тоже подлежащее и сказуемое, и затем еще подлежащее и сказуемое.

И с п. Я даже не знаю... С одной стороны, вроде бы сложное, а с другой — простое. Ведь береза одна и та же! Нет, скорее все же простое.

Как мы видим, разбирая три совершенно аналогичные по своей структуре предложения, испытуемая действует по-разному. Анализируя первое предложение, она применяет операции выделения главных членов и их соотнесения. Установив структуру главных членов («подлежащее и сказуемое и еще раз подлежащее и сказуемое»), ученица уверенно говорит, что предложение сложное. При разборе же второго предложения ученица этих операций не производит, идя совершенно другим путем. Она анализирует смысл предложения и только смысл, пытаясь установить количество мыслей, заключенных в этом предложении. При разборе третьего предложения ученица — хотя она выделяет подлежащие и сказуемые — обращает главное внимание на то, об одном или нескольких предметах говорится в предложении. Это третий путь. И когда оказывается, что, с одной стороны, в предложении есть полные пары согласующихся главных членов, с другой — в нем говорится об одном и том же предмете, ученица не знает, что делать, на какой признак ориентироваться. Из двух, по мнению ученицы, противоречащих друг другу признаков верх берет признак неправильный, и ученица допускает ошибку.

Аналогичных примеров можно привести много. В отличие от учащихся контрольных классов, учащиеся экспериментальных классов решали грамматические задачи одного типа единым методом, применяя нужную систему операций к различным по своему конкретному содержанию предложениям.

Вот как упоминавшаяся ученица Таня З. действовала и рассуждала при решении задачи на распознавание подлежащего после экспериментального обучения⁴¹¹.

Другой бы это сделал с радостью.

И с п. Проверяем первый признак: смотрим, имеются ли слова, отвечающие на вопрос кто? Имеются: *другой*. Далее, смотрим, входит ли это слово в состав именного составного сказуемого? Нет. Значит, *другой* — подлежащее: оба признака имеются.

Немногие пойдут этой трудной дорогой.

И с п. Проверяем первый признак. На вопрос кто? отвечает *немногие*. Это слово в состав именного сказуемого не входит. Значит, это подлежащее.

Все может перенести мужественный человек.

И с п. Проверяем первый признак. Кто? — человек. В состав сказуемого не входит. Это подлежащее.

Треугольник есть многоугольник с наименьшим числом сторон.

И с п. Проверяем первый признак. На вопрос кто? в предложении ни одно слово не отвечает. Проверяем второй признак. На вопрос что? отвечают два слова — *треугольник* и *многоугольник*. Заменяем местоимениями: *треугольник* — он; *многоугольник* — он. Теперь смотрим, какое из них входит в состав именного сказуемого. *Есть многоугольник* — сказуемое. Значит, *треугольник* — подлежащее.

Многоугольник с наименьшим числом сторон есть треугольник.

Здесь испытуемая рассуждает точно таким же образом и правильно выделяет в качестве подлежащего слово *многоугольник*.

Следовать за мыслями великого человека есть наука самая занимательная.

И с п. Проверяем первый признак. На вопрос кто? ни одно слово не отвечает. Поэтому смотрим, какое слово отвечает на вопрос что? Что? — *наука*. Заменяем — *есть она*. Входит ли *наука* в состав именного сказуемого? Входит. Значит, это не подлежащее. Тогда надо посмотреть, выражено ли подлежащее неопределенной формой глагола. Ч то д е л а т ь ? — *следовать*. *Следовать есть наука*. *Следовать* — подлежащее.

Как мы видим, независимо от конкретного содержания предложений ученица действует единым методом, применяя общую систему операций к различным грамматическим объектам. Аналогичным образом разбирают предложения и другие учащиеся.

Мы не будем приводить примеров применения единого метода распознавания учащимися экспериментальных классов типов предложений, так как такие примеры приводились выше.

⁴¹¹ В VII А классе школы № 312 за время, отведенное на повторение, с учащимися были заново изучены темы «Подлежащее», «Виды простых предложений» и «Однородные члены предложения».

Четвертой особенностью деятельности ряда учащихся контрольных классов является неуверенность в своих действиях и своих решениях. Это связано со следующим обстоятельством.

Общий метод решения задач, как мы видели, — это такая система операций, которая применима к любым задачам данного класса и которая дает возможность решить их единым способом. Так как признаки и приемы, которыми пользуются учащиеся контрольных классов, не являются во многих случаях общими, то, естественно, что во многих случаях правильно решить все задачи данного класса учащиеся не могут.

В самом деле, прием постановки двойного вопроса кто? что? — к о г о ? что? дает возможность распознать подлежащее в предложениях типа *Родители купили сыну коньки*, но уже не обеспечивает распознавания подлежащего в предложении *Треугольник есть многоугольник с наименьшим числом сторон*, так как и слово *треугольник*, и слово *многоугольник* отвечают на вопрос именительного падежа. Применение же этого приема к предложению *Следовать за мыслями великого человека есть наука самая занимательная* неизбежно ведет к ошибке. На вопросы кто? что? здесь отвечает слово *наука*, которое подлежащим не является.

То же самое можно сказать о приеме распознавания сложносочиненных предложений путем выявления согласующихся пар главных членов. Этот прием, обеспечивая решение задачи в предложениях типа *Прозрачный лес один чернеет, и ель сквозь иней зеленеет, и речка подо льдом блестит*, уже не дает решения задачи в предложениях типа *Полярники вылетели к месту зимовки, и вслед за ними отправили самолеты с оборудованием* или тем более в предложениях типа *Испорченную радиолу отнесли в мастерскую, и ее там починили*, так как в этих предложениях нет полных пар согласующихся главных членов.

Аналогично обстоит дело и с приемом разбивки предложения на самостоятельные, законченные в смысловом отношении части. Если посредством этого приема можно легко определить, каким является предложение типа *Взошло солнце, и отряд двинулся дальше*, то этот прием может привести к ошибке (и фактически обычно приводит) при необходимости определить тип такого, например, предложения: *Шкаф был большой, и в него помещалось много книг*. Второе простое предложение в составе сложного без первого существовать не может, так как непонятно, куда помещалось много книг. Между тем это предложение в грамматическом отношении является «самостоятельным и независимым» простым предложением, входящим в состав сложносочиненного.

Если ученик не владеет полными системами признаков и общими методами решения грамматических задач, то, столкнувшись с предложением, к которому известные признаки и частные приемы оказываются неприменимыми, он часто бывает вынужден действовать методом проб и ошибок, сбивается на путь гаданий, делает попытки решить задачу по интуиции.

Например, ученица Зина Д., прочитав предложение *Поезд ушел, и его огни скоро исчезли* сначала поставила запятую перед *и*, потом после долгих колебаний зачеркнула ее.

Э к с п. Почему ты зачеркнула запятую? Девочка, ничего не говоря, снова ее ставит.

Э к с п. Что у тебя вызывает сомнение?

И с п. Прямо не знаю, как тут быть... Запятая вроде бы нужна, если действовать по правилам, но чувствую, что ставить ее здесь не нужно.

Э к с п. Почему?

И с п. Поезд ушел, и его огни скоро исчезли. Тут одна мысль, одно предложение; никак нельзя поставить запятую.

Э к с п. Разве из того факта, что огни связаны с поездом следует, что это одно простое предложение и что запятая не нужна?

И с п. Не знаю, но я чувствую, что запятую здесь не нужно ставить.

Ученица Катя Т. долго думает над предложением *Темнело, и начинало холодать*.

Э к с п. Что тебя затрудняет?

И с п. Не знаю, как тут быть с запятой... Подлежащих здесь нет, только одни сказуемые... Я сначала поставила точку. Вроде, два отдельных предложения: *Темнело. Начинало холодать*. Но с другой стороны, как-то это все вместе. Стемнело, и сразу начало холодать. Запятую здесь ставить нельзя, естественно получается...

Э к с п. Как надо рассуждать, чтобы решить вопрос, нужна здесь запятая или не нужна?

Испытуемая молчит, она не знает, что сказать.

Э к с п. Вот ты встретила предложение. Что нужно делать, чтобы узнать, нужна в нем запятая перед *и* или не нужна?

И с п. Я сначала поставила точку. Но ведь это не всегда так... Прямо, не знаю, как тут быть...

Испытуемая в растерянности. Она не знает, что надо делать с предложением, чтобы решить стоящую перед ней задачу, не знает метода рассуждения, операций, которые надо произвести, чтобы прийти к определенному ответу. Это вызывает неуверенность, колебания, попытки решить задачу, опираясь только на чутье («неестественно получается...»).

Ученице Тане П. надо расставить знаки препинания в предложении *Он долго шел по лесу и, наконец, увидел блестящее вдали озеро*. Она сначала поставила перед союзом *и* запятую, потом зачеркнула ее.

Э к с п. Почему ты зачеркнула запятую?

И с п. Если по правилу, то это однородные члены, а если читать, то перед *и* получается остановка и надо поставить запятую. Сначала я поставила по остановке, но потом решила, что лучше по правилам... Но все же запятая здесь нужна, я почти уверена, так и хочется ее поставить.

Решив действовать по правилам, ученица зачеркнула запятую, но все же высказала уверенность, что запятая здесь нужна.

В этом выражается следующая, п я т а я о с о б е н н о с т ь, характерная для ряда учащихся контрольных классов — н е д о в е р и е к п р а в и л а м и о п р е д е л е н и я м, имеющимся в учебнике и сообщаемым учителем, и вытекающее из этого недоверия о т с у т с т в и е у б е ж д е н н о с т и в п р а в и л ь н о с т и т е х о п р е д е л е н и й и п р а в и л, к о т о р ы е у ч е н и к з н а е т. Возникает несоответствие и даже противоречие между знаниями учащихся и их убеждениями, а также между их знаниями и действиями.

Если ученица Таня П. после долгих колебаний все же поступила в соответствии с правилом, зачеркнув запятую, то ряд учащихся больше доверяет своему чутью и опыту и поступает в противовес с известными им правилами и определениями.

Ученица Ира К. в предложении *Вдруг поблизости послышалось «тпру»*... в качестве подлежащего подчеркнула слово *вдруг*.

Э к с п. Почему думаешь, что *вдруг* — подлежащее?

И с п. Здесь говорится про *вдруг*.

Э к с п. Но ведь такого признака — «подлежащее это то, о чем говорится в предложении» — в учебнике нет.

И с п. Ну и что же, все равно может быть подлежащее, раз про него говорится.

Ученик Володя П. в предложении *Мне необходимо поговорить с вами* подчеркивает в качестве подлежащего местоимение *мне*.

И с п. Кому? *Мне*. Поговорить кому? *Мне*. Это подлежащее.

Э к с п. Но ведь *мне* не отвечает на вопросы кто? что?

И с п. Все равно это подлежащее.

Интересно высказывание ученицы Кати Г., очень способной и развитой девочки, отличницы.

И с п. Я не всегда слушаюсь правил. Часто мне кажется, что нужна запятая. Я себе представляю человека, который пишет. Где пауза — там обязательно нужна запятая. И я ее ставлю.

Подобное несоответствие между теми признаками, которым учат учащихся и которые они знают, и теми признаками, на которые они в своих действиях ф а к т и ч е с к и о р и е н т и р у ю т с я, довольно типично для многих учащихся. Иногда это несоответствие учащиеся не осознают, но нередко и осознают.

Так, ученица Ира К., о которой мы уже говорили, называет в качестве признаков подлежащего те, которые приводятся в учебнике («подлежащим называется независимый член предложения, который отвечает на вопрос к т о? или ч т о?»), но фактически часто опирается на совсем другие признаки. Так, в приведенном выше примере она опиралась на признак «подлежащее это то, о чем говорится в предложении». Разбирая предложение *Для друга мне ничего не жаль*, ученица подчеркнула в качестве подлежащего *ничего*, опираясь на интонационный признак.

Э к с п. Почему ты думаешь, что подлежащее *ничего*?

И с п. Потому что *для друга мне н и ч е г о не жаль*. (Она подчеркивает интонацией слово *ничего*.)

Э к с п. Но ведь можно прочесть и так: *Для д р у г а мне ничего не жаль*. Что же, тогда подлежащим будет *друга*?

Испытуемая молчит, не зная, что ответить.

Характерно, что испытуемая очень хорошо осознает несоответствие между признаками, которые она называет, и теми, на которые она опирается. На вопрос, что надо делать, чтобы найти в предложении подлежащее, испытуемая сказала:

И с п. Сначала надо найти слово, о котором говорится в предложении.

Э к с п. Потом?

И с п. Чтобы это слово было в именительном падеже.

Э к с п. А как определить именительный падеж?

И с п. Надо поставить вопрос кто? что?

Э к с п. А ты сама так действуешь?

И с п. Нет, я сразу ориентируюсь. Например, в предложении *Его не пугало ничто* я посмотрела, о ком говорится⁴¹². О нем.

Э к с п. А на какой вопрос это слово отвечает?

И с п. На вопрос к о г о ?

Э к с п. Значит, ты считаешь, что *его* — подлежащее?

И с п. Да.

Э к с п. Так *его* же не отвечает на вопросы кто? что?

И с п. Ну и что же, раз о н е м говорится в предложении, значит, *его* — подлежащее.

Как мы видим, признаки, которым ученицу учили и которые она называет, давая определение понятия подлежащего, фактически «не работают». Полученные в процессе обучения знания не оказывают влияния на ход действий ученицы, не регулируют процесса распознавания. Между сферой полученных знаний и сферой операций нет взаимодействия, нет координации. Определения, которые даются учебником и сообщаются учителем, — это одно (ученица их знает, она их выучила, чтобы ответить учителю при опросе), а методы мышления и те фактические знания, на которые опирается ученица и которые лежат в основе ее убеждений и действий, — это совсем другое.

Причина подобных явлений, характерных для многих учащихся, лежит в том, что знания, которые они получают в ходе обучения, часто не связываются с операциями, которые необходимо производить, чтобы применять эти знания. Сообщая признаки грамматических явлений, учитель, как правило, не говорит, как с этими признаками надо оперировать. Не говорится об этом и в учебнике. Сообщаемые знания, таким образом, не влияют на операционную сферу мышления, не формируют тех операций, посредством которых осуществляется процесс мышления, решение задач. А это приводит к стилистическому — и часто неправильному — формированию у учащихся операций, методов мышления.

Все это — проявление того недостатка, о котором мы говорили выше: в процессе обучения не уделяется должного внимания формированию у учащихся общих методов мышления. Задача формирования таких методов — как специальная, особая задача — обычно перед учителем не ставится.

Незнание учащимися в ряде случаев общей и полной системы признаков грамматических явлений и соответствующих операций приводит к тому, что, не имея в руках средств для решения некоторых задач, они вынуждены «изобретать» какие-то свои признаки и приемы, многие из которых являются совершенно несостоятельными. И это является еще одной, шестой особенностью, характерной для деятельности ряда учащихся контрольных классов.

Мы видели, что признаки подлежащего, которые знают учащиеся, недостаточны для того, чтобы распознать его в таких, например, предложениях: *Треугольник есть многоугольник с наименьшим числом сторон* или *Следовать за мыслями великого человека есть наука самая занимательная*. Но подлежащее в предложении надо найти — таково задание. Выход для ученика может быть единственный — решить вопрос на основе признаков и операций, которые ему могут прийти в голову в момент решения задачи, которые могли бы, как ему кажется, «подойти» в данном случае. Но такие признаки и операции, не проверенные на большом количестве примеров специальными методами, в большинстве случаев оказываются несостоятельными.

Рассмотрим, например, признаки, которые придумывали учащиеся, ошибочно подчеркнувшие в предложении *Она врач* в качестве подлежащего слово *врач*.

Испытуемый Коля К.

И с п. На *врач* падает ударение. Она врач (подчеркивает интонацией слово *врач*).

Таким образом, признак, который выдвигает испытуемый, таков: «подлежащее — это слово, на которое падает ударение».

Испытуемая Нина В.

И с п. *Врач* — важнее.

Признак подлежащего, придуманный этой испытуемой: «подлежащее — это слово, которое важнее».

⁴¹² В этом предложении ученица ошибочно подчеркнула в качестве подлежащего местоимение *его*, в то время как подлежащим является *ничто*.

Испытуемый Сергей М.

И с п. Я не уверен, что *врач* — подлежащее, но, скорее всего, *врач*.

Э к с п. Почему?

И с п. Здесь указывается на что-то определенное, на профессию человека, а там просто *она*.

Признак, придуманный Сергеем М.: «подлежащее — это слово, которое указывает на что-то определенное, на профессию человека».

Нет надобности доказывать несостоятельность этих признаков.

Аналогичную картину мы наблюдаем и в отношении операций. Когда ученик не знает метода действий, не знает, что надо делать с предложением, чтобы решить стоящую перед ним задачу, он начинает применять операции, которые являются совершенно произвольными, ни из чего не вытекающими, придуманными. Один из примеров мы в другой связи уже приводили выше. Когда испытуемая Люда В. не знала, что надо делать, чтобы определить подлежащее в предложении *Следовать за мыслями великого человека есть наука самая занимательная*, она применила такую операцию: переставила местами первую и вторую части предложения и на этом основании сделала вывод, что *наука* — это подлежащее. Несостоятельность такого приема определения подлежащего очевидна.

Приведем еще некоторые примеры.

Ученик Леня Я. в предложении *Через мост они проехали в село Бородино, оттуда повернули влево и мимо огромного количества войск и пушек выехали к высокому кургану* ошибочно поставил запятую перед первым *и*.

Э к с п. Почему ты перед *и* поставил запятую?

И с п. Это сложное предложение. Состоит из двух простых: *Через мост они проехали в село Бородино, оттуда повернули влево. И Мимо огромного количества войск и пушек выехали к высокому кургану.*

Э к с п. А разве *мимо огромного количества войск и пушек выехали к высокому кургану* — это самостоятельное предложение? Ведь в нем нет подлежащего.

И с п. А подлежащее можно вставить: *Они выехали к высокому кургану.*

Операция, которую применяет ученик для определения типа предложения, ошибочна. Применение такой операции не может дать правильного решения задачи.

Ученица Марина К. в предложении *Большие стеклянные банки с кофе, корицей и ванилью, хрустальные и фарфоровые чайницы и судки с маслом и уксусом стояли на кухне* ошибочно поставила запятую перед *и судки*.

Э к с п. Почему ты думаешь, что здесь нужна запятая? Как ты рассуждала, когда разбирала предложение?

И с п. Здесь про что говорится? Про банки с кофе, корицей и ванилью, про хрустальные и фарфоровые чайницы и про судки с маслом и уксусом. Здесь имеется перечисление, указаны три предмета, мы их отделяем запятыми.

Испытуемая не применила некоторых важных операций, необходимых для правильной расстановки знаков препинания в предложении с однородными членами, но зато применила операцию сосчитывания предметов, которая сама по себе не ведет к решению задачи⁴¹³.

Подобных примеров можно было привести значительно больше.

Ошибки учащихся контрольных классов вызваны не только тем, что они в ряде случаев применяют неправильные, ошибочные операции. Ошибки часто возникают и в случаях, когда учащиеся применяют правильные операции. Это бывает тогда, когда учащиеся не знают и поэтому не осуществляют всех операций, которые необходимо произвести для решения задачи (*с и с т е м а о п е р а ц и й у н и х н е п о л н а я*), либо когда операции осуществляются ими не в т о й п о с л е д о в а т е л ь н о с т и, которая нужна.

И это следующая, с е д ь м а я о с о б е н н о с т ь, характерная для умственной деятельности учащихся контрольных классов. Примеры ошибок, вызванных тем, что учащиеся не применяют всех необходимых для решения задачи операций, приводились выше.

Остановимся на ошибках, вызванных тем, что учащиеся осуществляют операции не в той последовательности, которая нужна.

Ученица Галя С. в предложении *С высокой насыпи Птаха увидел знакомый домик и только теперь поверил в свое спасение* подчеркнула в качестве подлежащего слово *домик*.

⁴¹³ Этот и два предыдущих примера можно интерпретировать так же, как и примеры, которые приводились перед этим, т. е. как примеры «изобретения» учащимися «своих» признаков. Но на последних примерах особенно хорошо видно, как «изобретение» своих признаков ведет к «изобретению» соответствующих «своих» операций.

Э к с п. Почему ты думаешь, что *домик* — подлежащее?

И с п. Птаха увидел что? Домик. Ответает на вопрос что?

Э к с п. А есть в предложении слова, которые отвечают на вопрос кто?

И с п. (прочитывает еще раз предложение). Есть: *Птаха. П т а х а* увидел и поверил. Здесь подлежащее *Птаха*.

Если бы ученица начала с постановки вопроса к т о?, то она бы ошибки в данном предложении не совершила. Но она начала с вопроса что?, который следует задавать после того, как окажется, что слов, отвечающих на вопрос кто?, в предложении нет. И это вызвало ошибку.

Подобные примеры не единичны. Но особенно большое количество ошибок вызывает неправильная последовательность операций при решении задач на распознавание типов предложений (сложносочиненное или простое с однородными членами).

Как известно, пунктуация перед неповторяющимися соединительными союзами (например, перед союзом *и*) зависит от того, что соединяют эти союзы. В предложении *Прозрачный лес один чернеет, и ель сквозь иней зеленеет* запятая перед *и* нужна, так как союз соединяет простые предложения внутри сложного. В предложении же *Смутно поблескивает река и бежит по прибрежным камешкам* запятая перед союзом не нужна, так как он соединяет однородные члены внутри простого предложения и не повторяется. (Если союз соединяет однородные члены внутри простого предложения, то пунктуация перед союзом зависит, как известно, от того, повторяется этот союз или нет.)

Поскольку постановка или непостановка запятой перед союзом зависит прежде всего от того, что он соединяет, то совершенно понятно, что, прежде чем произвести операцию проверки союза на повторяемость, необходимо произвести операцию (или совокупность операций) по установлению типа предложения⁴¹⁴. Пропуск первой операции (будем совокупность операций по установлению типа предложения рассматривать здесь как одну операцию) и выполнение второй операции в качестве первой может привести — и обычно приводит — к ошибкам. Так как в процессе обучения часто не уделяют специального внимания формированию у учащихся определенной последовательности операций, соответствующего алгоритма (там, где это нужно), то ошибки, вызванные причинами подобного рода, весьма часты.

Ученица Люда. П. в предложении *Испорченный радиоприемник отнесли в мастерскую, и его там починили* не поставила перед союзом *и* запятой.

Э к с п. Почему ты не поставила перед *и* запятой?

И с п. Потому что союз *и* употребляется один раз.

Э к с п., А какое это предложение?

И с п. (задумалась). Сейчас вижу, что сложное.

Э к с п. А до этого ты думала над тем, какое оно: сложное или простое?

И с п. Нет, увидела, что союз не повторяется, и не поставила запятую.

Как мы видим, испытуемая начала анализ предложения прямо со второй операции (с проверки союза на повторяемость), не произведя первой операции, не определив типа предложения, хотя она это могла сделать и после вопроса экспериментатора сделала.

Ученица Вера К. в сложном предложении *Ночь, туман, и ни зги не видать* не поставила перед *и* запятую.

Э к с п. Почему ты не поставила перед *и* запятую?

И с п. Здесь она не нужна.

Э к с п. Почему?

И с п. Союз *и* не повторяется.

Э к с п. А какое это предложение?

И с п. Ой, сложное, я не подумала.

Ученица Тамара Б. в простом предложении *Ты внемлешь грохоту громов, и гласу бури и валов, и крику сельских пастухов* ошибочно поставила запятую перед вторым *и* (перед *и валов*).

Э к с п. Почему ты перед вторым *и* поставила запятую?

И с п. Союз *и* повторяется.

Можно, было бы привести еще много других примеров ошибок, вызванных тем, что у учащихся не сформированы полные системы необходимых операций или не выработана правильная последовательность этих операций.

⁴¹⁴ Этот пример показывает, как важно для правильного решения задачи осуществлять операции в определенной последовательности и как, следовательно, важно в соответствующих случаях учить определенной последовательности операций (алгоритмам), а не только самим операциям.

Указанные выше недостатки в мыслительной деятельности учащихся контрольных классов при решении ими грамматических задач отсутствовали у учащихся экспериментальных классов. И это понятно, так как в экспериментальном обучении была устранена основная причина, порождающая эти недостатки.

Так как учащиеся экспериментальных классов овладели полной системой общих признаков и операций, обеспечивающих решение, любой задачи данного класса, им не было надобности прибегать к «открытию» каких-то «своих» признаков и операций, не соответствующих природе грамматических явлений, а потому неправильных. Так как учащиеся экспериментальных классов специально обучались применению признаков, то не возникало никакого противоречия между их знаниями и действиями, а также убеждениями в правильности имеющихся у них знаний. Знания сразу связывались с нужными операциями, и тем самым, правильно и активно регулировали операционную сферу мышления. Так как в процессе экспериментального обучения обращалось специальное внимание на выработку правильной последовательности операций, то устранялись причины ошибок, связанных с незнанием или невыполнением каких-то операций или нарушением их последовательности. Действия учащихся экспериментальных классов были уверенными, учащиеся точно представляли себе, что и в какой последовательности надо делать, чтобы решить стоящую перед ними задачу. Тем самым были исключены решения, основанные на угадывании, на случайных пробах.

Характерной чертой, отличающей учащихся экспериментальных классов, было то, что они не только использовали правильные методы, но и умели строго обосновать и доказать правильность своих действий и решений. Учащиеся же контрольных классов; в отличие от учащихся экспериментальных классов,— и это их восьмая особенность — чаще всего либо в ообще не могли доказать те или иные свои утверждения, либо доказывали неправильно. Основная ошибка (или недостаток) их доказательств заключалась в том, что, обосновывая свои утверждения, они ссылались на недостаточные признаки. Иногда эти недостаточные признаки являлись частью системы достаточных признаков, иногда же они были просто придуманы учащимися и на деле не могли служить средством распознавания соответствующих грамматических явлений. При этом встречались два случая: 1) решение задачи являлось верным, а рассуждение, доказательство неверным (в этом случае правильное решение оказывалось часто случайным) и 2) неверным являлось как решение, так и способ его обоснования.

Типичным примером первого случая является неверное доказательство путем ссылки на недостаточные признаки. Так, в предложении *Газеты принесли важную новость* ученик Игорь С. правильно подчеркивает в качестве подлежащего существительное *газеты*.

Э к с п. Почему думаешь, что *газеты* подлежащее?

И с п. Отвечает на вопрос ч т о ?

Доказательство является неверным, так как признак, приводимый учеником, недостаточен: на вопрос что? может отвечать и не подлежащее. Правильное решение оказалось в данном случае чисто случайным. Это обнаруживается, как только ученик переходит к следующему предложению *Газеты принесли утром*. Здесь он тоже подчеркивает в качестве подлежащего слово *газеты*, потому что оно отвечает на вопрос что?

Этот пример убедительно показывает, что правильное решение задачи еще ни в коей мере не является показателем знания учеником признаков соответствующего грамматического явления и правильности того метода действий, при помощи которого ученик решил задачу. Правильный ответ, как уже отмечалось, часто может быть случайным.

Другим примером является ошибочное доказательство путем ссылки на н е п р а в и л ь н ы е признаки.

Ученица контрольного класса Наташа Н. в предложении *Директор с заместителем направились в цех* правильно подчеркнула в качестве подлежащего словосочетание *директор с заместителем*.

Э к с п. А почему не просто *директор*?

И с п. По смыслу: вместе направились.

Смысловый признак в данном случае не является определяющим, и поэтому все рассуждение является неправильным. Верное решение задачи оказалось случайным. Это сразу становится очевидным, как только ученица приступает к разбору предложения *Женщина с ребенком вошла в дом*. В этом предложении ученица в качестве подлежащего также подчеркнула словосочетание (*женщина с ребенком*), что является в данном случае ошибочным.

Э к с п. Почему ты думаешь, что подлежащим является *женщина с ребенком*, а не просто *женщина*?

И с п. Потому что она вошла не одна, а с ребенком.

Совершенно ясно, что из того факта, что женщина вошла в дом с ребенком, а не одна, совсем не

вытекает, что в данном случае подлежащим является словосочетание⁴¹⁵.

Приведем пример второго случая, когда неверным является как решение, так и способ его обоснования. Галя С. в предложении *Мы подошли к дому, постучали в дверь, и нас пригласили войти* не поставила запятой перед *и*, хотя она здесь нужна.

Э к с п. Сколько здесь предложений?

И с п. Два.

Э к с п. Какие?

И с п. *Мы подошли к дому* — одно, *постучали в дверь и нас пригласили войти* — другое.

Э к с п. Почему думаешь, что *постучали в дверь и нас пригласили войти* — это одно простое предложение?

И с п. Потому что постучали и нас с р а з у пригласили войти. Значит, здесь одно предложение.

Признак, который испытываемая приводит в качестве основания решения, неправилен. Из того факта, что одно событие сразу следует за другим, совсем не вытекает, что предложение, в котором описываются эти события, является простым.

Подобных ошибочных объяснений и неправильных рассуждений, приводившихся учащимися контрольных классов, можно было бы привести много.

В отличие от учащихся контрольных классов, подавляющее большинство учащихся экспериментальных классов исходили в своих действиях из правильных оснований и свои решения могли правильно обосновать. Это явилось следствием того, что учащиеся экспериментальных классов специально тренировались в осознании достаточности признаков и учились принимать решения только после того, как они выясняли наличие всех условий, достаточных для заключения.

Приведем ответы некоторых учащихся экспериментальных классов на вопросы, касающиеся обоснования (доказательства) ими своих решений.

Ученик Виктор К. правильно подчеркнул в предложении *Она врач* местоимение *она* в качестве подлежащего.

Э к с п. Почему ты думаешь, что подлежащее здесь *она*, а не *врач*?

И с п. Потому что это слово отвечает на вопрос кто? и не входит в состав именного сказуемого.

Испытуемый приводит в обоснование оба признака, являющиеся в совокупности достаточными. Из них вытекает, что *она* — подлежащее.

Тот же ученик написал, что в предложении *Поле занесло снегом* нет подлежащего.

Э к с п. Почему подлежащим не может быть слово *поле*? Ведь оно отвечает на вопрос что?

И с п. Этого недостаточно. Надо еще, чтобы слово *поле* заменялось на *он* (*она*, *оно*, *они*) и не входило в состав именного сказуемого, а здесь *поле* заменяется на его: *его занесло снегом*. Значит, *поле* не подлежащее.

Как мы видим, ученик может не только обосновать принадлежность слова к определенной категории (объяснить, почему *она* — подлежащее), но и доказать, почему слово к определенной категории не принадлежит (почему *поле* — не подлежащее).

Ученица Тамара С. правильно расставила знаки препинания в предложении *Через мост они проехали в село Бородино, оттуда повернули влево и мимо огромного количества войск и пушек выехали к высокому кургану*, сказав, что это простое предложение.

Э к с п. Почему ты решила, что это простое предложение?

И с п. Потому что *Они проехали, выехали и повернули*. Все сказуемые относятся к одному подлежащему.

Испытуемая сразу выделила существенные для решения этой задачи члены предложения и указала на достаточный признак того, что это предложение простое.

Эта же ученица так обосновывает, почему предложение *Шкаф был большой, и в него вмещалось много книг* сложное.

И с п. *Большой* был *шкаф*, а *вмещалось* к *шкафу* не относится.

Экс п. Как же не относится? Ведь *вмещалось*-то в *шкаф*?

И с п. Это если как вещи. А сказуемое *вмещалось* к подлежащему *шкаф* не относится. Ведь нельзя

⁴¹⁵ Признаком, на который надо в подобных случаях ориентироваться, является число глагола. В первом предложении подлежащим не может быть *директор*, так как сказуемое выражено глаголом множественного числа (*направились*). Во втором случае, наоборот подлежащим не может быть *женщина с ребенком*, так как сказуемое выражено глаголом единственного числа (*вошла*). Если бы автор хотел подлежащим сделать словосочетание, он бы сказал *вошли*.

же сказать «*шкаф вместило*».

Таким образом, испытуемая ясно осознает разницу между смысловыми и формально-грамматическими отношениями и правильно ссылается в обоснование своего решения на достаточные формально-грамматические признаки.

Более трудным для учащихся является доказательство правильности данного ими решения при разборе предложений типа *Стемнело, и стало холодно*, так как здесь необходимо использовать отрицательные признаки⁴¹⁶. Однако и с этими доказательствами учащиеся в основном справлялись успешно.

Вот как ученица Надя М. объясняет, что предложение *Стемнело, и стало холодно* сложное.

И с п. Подлежащих здесь нет, а сказуемые не выражены ни глаголами 1-го ни 2-го лица, ни глаголами 3-го лица множественного числа. Значит, предложение сложное.

Доказательство совершенно верное. Ученица указала совокупность признаков, достаточных для того, чтобы считать данное предложение сложным.

Ученик Володя П. следующим образом объясняет, почему он считает, что предложение *Испорченный радиоприемник отнесли в мастерскую, и на следующий день его там починили* сложное.

И с п. Подлежащих здесь нет. *Радиоприемник* не подлежащее: *его* отнесли. Сказуемые выражены глаголами множественного числа, а производители действий разные: отнесли хозяева радиоприемника, а починили мастера. Значит, предложение сложное.

Здесь, как мы видим, также указаны все признаки, совокупность которых достаточна для признания данного предложения сложным.

Аналогично обосновывало свои решения подавляющее большинство учащихся экспериментальных классов.

Однако в рассуждениях и доказательствах отдельных учащихся экспериментальных классов был один недостаток. Считая, что наличие некоторых признаков у грамматических явлений очевидно, они в процессе доказательства не называли их, хотя в ходе решения задачи учитывали эти признаки и опирались на них.

Вот один из примеров. В предложении *Темнело, и начинало холодать* испытуемый Сергей П. правильно расставил знаки препинания, сказав, что это предложносочиненное.

Э к с п. Почему считаешь это предложносочиненным?

И с п. Здесь сказуемые не выражены глаголами 1-го, 2-го лица или 3-го лица множественного числа.

Э к с п. А разве это достаточный признак?

И с п. Нет, еще здесь нет подлежащих.

Э к с п. А почему же ты сразу не назвал этот признак?

И с п. Здесь и так видно, что их нет.

Таким образом, ученик опирается на оба признака, на достаточную их совокупность, называет же он в качестве основания своего решения лишь один признак.

В подобных случаях учащимся приходилось еще раз указывать, что при объяснениях и доказательствах нельзя полагаться на очевидность, а необходимо указывать все признаки, на основании которых делается тот или иной вывод⁴¹⁷. Заметим, кстати, что научить этому учащихся нелегко, поскольку привычка полагаться на очевидность у них весьма сильна (на это не раз указывалось в психологической и методической литературе). Возникновение этой привычки связано с тем, что учителя часто не обращают внимания (кроме, пожалуй, учителей математики) на то, насколько логически строго ученики доказывают свои утверждения, соблюдают ли они в процессе доказательства очень важное требование — приводить в обоснование своих утверждений такую совокупность признаков, которая является достаточной для того или иного вывода.

Мы проанализировали особенности мыслительной деятельности учащихся контрольных и экспериментальных классов и показали те недостатки в методах мышления учащихся контрольных классов, которые приводят к большому количеству ошибок при решении ими грамматических задач. Указанные недостатки вполне объясняют приведенные выше количественные результаты выполнения ими контрольных заданий.

Перейдем теперь к анализу причин ошибок, допущенных учащимися экспериментальных классов. Хотя этих ошибок было в несколько раз меньше, их анализ представляет существенный интерес.

⁴¹⁶ Отрицательный признак — это признак, который состоит в отсутствии признака. Отрицательные признаки использовались нами в структурных схемах признаков несколько раз.

⁴¹⁷ На уроках от учащихся требовалось полное и строгое обоснование своих решений.

§ 1. О ПРИЧИНАХ ОШИБОК УЧАЩИХСЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КЛАССОВ

Наиболее систематические наблюдения и эксперименты проводились нами с учащимися VII А класса 312-й школы Москвы, причем индивидуальным экспериментом были охвачены все ученики этого класса. Поэтому проведем анализ интересующего нас вопроса по материалам экспериментов в этом классе. Возьмем за основу результаты контрольной работы по темам «Однородные члены предложения» и «Сложносочиненное предложение».

Ошибки учащихся экспериментального класса были вызваны главным образом тем, что при разборе отдельных предложений они не производили всех тех операций, которым их учили и которые они знали. Алгоритм, которым они владели, в отдельных случаях «не срабатывал». Почему это происходило?

Можно полагать, что причина заключается в недостаточной заторможенности тех неправильных стереотипов умственной работы, которые сложились у учащихся в ходе предшествующего обучения, часто еще в начальной школе. Вследствие, очевидно, индивидуальных особенностей типа высшей нервной деятельности стереотипы эти у ряда учащихся оказываются столь прочными, что «сломать» их в процессе экспериментального обучения полностью не удалось, и в определенных условиях они себя проявили.

Показательна в этом отношении, например, ученица Ира М., у которой эти стереотипы оказались весьма стойкими. В контрольной работе Иры М. было 5 ошибок и, кроме того, 5 исправлений. Индивидуальный эксперимент показал, что, несмотря на хорошее знание требуемого метода действий, первой реакцией испытуемой на предложение — *ив этот отрезок времени она себя специально не контролирует* — бывает привычная реакция, сложившаяся раньше, в прошлом опыте⁴¹⁸. В большинстве случаев самоконтроль, выработанный в процессе экспериментального обучения, «включается» у ученицы еще до того, как она сделает ошибку; но иногда это происходит позже (и тогда она допущенную ошибку исправляет), иногда же самоконтроль вообще не имеет места и тогда ошибка остается ею незамеченной. Но достаточно бывает обратить внимание ученицы на правильный способ действий, как она замечает свою ошибку и немедленно ее исправляет.

Вот некоторые отрывки из протоколов, которые хорошо показывают динамику взаимодействия и борьбы правильного метода и неправильного стереотипа.

В предложении *По дороге во Владивосток мы проезжали Свердловск и Новосибирск, Читу и Хабаровск и многие другие города* испытуемая перед последним *и* сначала ошибочно поставила запятую, а потом ее сама зачеркнула.

Э к с п. Почему ты перед *и* сначала поставила запятую, а потом ее зачеркнула?

И с п. Сначала запятую поставила по интонации, а потом проверила, увидела, что ошиблась, и зачеркнула.

Первая реакция испытуемой привычная. Только после того, как привычный неправильный стереотип «сработал», она начинает проверять себя, т. е. действовать правильным методом. Это приводит к тому, что ошибка ею замечается и исправляется.

В предложении *Сюда приезжали многие инженеры и ученые и здесь оставались жить навсегда* ученица сначала ошибочно поставила запятую перед вторым *и*, а потом ее зачеркнула.

И с п. Запятую поставила сначала по интонации, а потом себя проверила и исправила ошибку.

В предложении *Оковы тяжкие падут, темницы рухнут, и свобода нас примет радостно у входа, и братья меч нам отдадут* ученица ошибочно не поставила запятой перед первым *и*.

Э к с п. Нужна здесь запятая или нет?

И с п. (внимательно читает предложение, думает). Нужна, другое предложение начинается.

Э к с п. Почему же ты сразу ее не поставила?

И с п. По интонации. Но потом себя не проверила.

В предложении *Через мост они проехали в село Бородино, оттуда повернули влево и мимо огромного количества войск и пушек выехали к высокому кургану* ученица ошибочно поставила запятую перед первым *и*. На вопрос, почему она так поступила, испытуемая ответила:

⁴¹⁸ Надо учесть, что темы «Подлежащее», «Однородные члены предложения» и «Сложносочиненное предложение» изучаются уже в начальной школе и у учащихся вырабатываются определенные методы распознавания этих грамматических явлений, определенные методы подхода к предложению, хотя часто и неправильные.

И с п. Предложение я разобрала так: *Через мост они проехали в село Бородино* — первый кусок, законченное предложение. *Оттуда повернули влево* — еще предложение. *И мимо огромного количества войск и пушек выехали к высокому кургану* — еще предложение.

Э к с п. А как надо правильно вести разбор предложения? Каков должен быть порядок действий?

Испытуемая называет нужный порядок действий и по просьбе экспериментатора, применив все необходимые операции, верно анализирует предложение, обнаруживает свою ошибку и сама ее исправляет.

Таким образом, причина ошибок испытуемой не в дефектности метода, которому ее обучали, а в том, что вследствие определенных индивидуальных особенностей ученицы сложившиеся стереотипы умственной деятельности тормозили применение этого нового для нее метода, его «включение».

Аналогичное положение мы наблюдаем и у ряда других испытуемых.

Испытуемый Миша Г. (допустивший 9 ошибок) в предложении *Озеро сильно обмелело, и перейти его не стоило никакого труда* ошибочно не поставил запятую перед *и*.

Э к с п. Почему ты считаешь, что здесь не нужна запятая?

И с п. Об озере речь идет... А вообще-то, если по правилам, то нужна. *Перейти* не относится к озеру.

Э к с п. Почему же ты сразу не подумал об этом?

И с п. Действовал по привычке.

Таким образом, сначала испытуемый «действовал по привычке», ориентируясь на смысл и не применяя необходимых операций. Достаточно было, однако, указать ему на его ошибку, как он сразу же применил нужный метод действий и верно решил задачу. Миша Г. — довольно инертный, флегматичный мальчик. Вероятно, особой устойчивостью сложившихся у него стереотипов и объясняется то обстоятельство, что у него, если не считать Оли Г., оказалось наибольшее количество ошибок.

Ученик Игорь Х. не сделал ни одной ошибки, но в предложении *Я решил подойти к огонькам и в обществе тех людей, которых принял за гуртовщиков, дожждаться зари* у него имеется одно исправление.

Э к с п. Почему ты сначала поставил запятую перед союзом *и*, а потом зачеркнул ее?

И с п. Сначала показалось, что предложение сложное, и я поставил запятую. Потом стал разбирать и увидел, что нет.

У некоторых учащихся привычный неправильный стереотип срабатывает в отдельных случаях настолько быстро, что они даже не успевают отдать себе отчета в своих действиях. Эта особенность характерна и для Миши Г.

В предложении *Большие стеклянные банки с кофе, корицей и ванилью, хрустальные и фарфоровые чайницы и судки с маслом и уксусом стояли на кухне* он ошибочно поставил запятую перед *и судки*. Как только экспериментатор указал на это предложение, ученик сказал:

И с п. Здесь запятой не надо: *банки, чайницы и судки* — однородные подлежащие.

Э к с п. Почему же ты сначала поставил запятую?

И с п. Машинально, даже не думал.

В другом предложении он сделал аналогичную ошибку, поставив лишнюю запятую, а потом ошибку исправил.

Э к с п. Почему ты сначала поставил запятую?

И с п. Тоже машинально, просто не подумал.

Анализ ошибок Миши Г. и некоторых других учеников заставляет предположить, что успешность овладения методами мышления существенно зависит не только от подвижности их нервных процессов, но и от такой индивидуальной особенности учащихся, как степень их интеллектуальной активности. Эта индивидуальная особенность исследована очень мало⁴¹⁹, но каждый учитель знает, что одни учащиеся любят умственную работу, легко и с удовольствием решают интеллектуальные задачи, для других же напрочь мысль, проделать какую-то цепь умственных операций трудно. Такие учащиеся стараются «уйти» от умственной работы, избежать напряжения мысли. Степень интеллектуальной активности первых и вторых различна⁴²⁰. У некоторых учащихся интеллектуальная пассивность сочетается с

⁴¹⁹ На нее, например, обратила внимание Л. С. Славина [792], [794], выделив, как мы уже об этом говорили, среди учащихся группу детей, которую назвала интеллектуально-пассивными.

⁴²⁰ Всем известен факт различий в физической активности детей. Одни дети очень энергичны, подвижны, непоседливы, другие флегматичны, медлительны. У одних есть потребность в движении, они бегают на перемене, «вертятся» на уроке, любят занятия физкультурой и спортом. У других такой потребности нет. Более того, необходимость проявления физической активности связана для них с преодолением известных трудностей. Различия детей по степени активности существуют, очевидно, не только в моторной сфере, но и в сфере интеллектуальной;

устойчивостью сложившихся стереотипов (например, у ученика Миши Г.)⁴²¹.

У Миши Г. стремление не производить умственных операций в тех случаях, когда, как ему кажется, их можно не производить, проявилось в следующем.

В предложении *Сюда приезжали многие инженеры и ученые и здесь оставались навсегда* он ошибочно поставил запятую перед вторым *и*.

Э к с п. Почему здесь, по-твоему, нужна запятая?

И с п. Она не нужна, поставил по интонации.

И проделав правильно все необходимые операции, ученик доказал, что запятая здесь не нужна.

Э к с п. Почему же ты сразу этого не установил?

И с п. Не проделал нужных действий.

Э к с п. А в других случаях ты их проделываешь?

И с п. Да.

Э к с п. Почему же в одних случаях ты проделываешь их, а в других — нет?

И с п. Когда предложение большое, трудное, тогда проделываю, чтобы разобраться, а здесь и так казалось все ясным.

Таким образом, достаточно, чтобы ученику показалось, что предложение легкое и что решить задачу можно, не проделывая необходимых операций, как он сразу же освободил себя от умственной работы.

Интеллектуальная пассивность, нежелание производить интеллектуальные усилия (а это связано, очевидно, с тем, что ученику трудно производить такие усилия) проявилось еще в одной характерной ошибке. В предложении *Спать не хотелось, пунш был допит, и делать все-таки было нечего* Миша Г. не поставил запятой перед *и*. После вопроса экспериментатора ошибка была им самостоятельно замечена и исправлена. Зная, как надо рассуждать, и проведя это рассуждение, он сразу увидел, что это сложное предложение состоит из трех простых.

Э к с п. Почему же ты не поставил запятой сразу?

И с п. Думал, что *был допит* и *делать* однородные члены, и там, и здесь в конце *-т*.

Ученик не произвел необходимого усилия, чтобы различить окончания глаголов, и, как только ему показалось, что *допи-т* и *дела-ть* являются по форме однородными членами, он сразу сделал вывод, что это предложение простое, и, сделав его, даже не попытался произвести операции отнесения сказуемых к подлежащему, не проверил, относится ли *делать* к слову *пунш*.

Аналогичную картину мы видим у ученицы Риной В. Она тоже старается избегать умственного напряжения и не производить, где это, по ее мнению, возможно, необходимых операций.

Например, в предложении *Большие стеклянные банки с кофе, корицей и ванилью, хрустальные и фарфоровые чайницы и судки с маслом и уксусом стояли на кухне* она ошибочно поставила запятую перед *и судки*, действуя привычным и легким для нее путем.

И с п. Чайницы хрустальные и фарфоровые — это одно, а судки с маслом и уксусом — другое.

Никаких операций по выделению рядов однородных членов испытываемая не произвела, хотя все их знала и в других, более легких случаях правильно осуществляла. Потребовалось специальное вмешательство экспериментатора, чтобы испытываемая заставила себя проделать всю необходимую умственную работу и проанализировать предложение правильно.

В предложении *Для нас пути открыты все на свете, и свой поклон приносит нам земля, растут цветы, и радуются дети, и колосятся тучные поля* испытываемая не поставила запятой перед *и радуются дети*.

Э к с п. Почему ты думаешь, что здесь не нужна запятая?

И с п. Здесь нужна, я не подумала, к чему относятся *растут* и *радуются*. Так, на первый взгляд показалось, что однородные члены. Сейчас вижу, что к разным подлежащим относятся, значит — не однородные.

Испытуемой только показалось, что *растут* и *радуются* — это однородные члены, и она уже не дает себе труда произвести операцию проверки, к чему эти сказуемые относятся.

Аналогичной причиной была вызвана ошибка в предложении *Я решил подойти к огонькам и в обществе тех людей, которых принял за гуртовщиков, дожидаться зари*. Испытуемая здесь поставила

различия последнего рода оказывают, по-видимому, Существенное влияние на усвоение знаний, умений и навыков, обуславливают индивидуальные особенности умственной работы детей.

⁴²¹ Более точный ответ на вопрос о том, как связаны между собой эти две индивидуальные особенности (и связаны ли они вообще) требует специального исследования, которое должно быть проведено по специальной методике.

запятые перед *и* и после *и*. На вопрос экспериментатора она ответила:

И с п. Я это предложение не разбирала. Как-то на днях у нас встретилось предложение, где были запятые перед *и* и после *и*. Я и поставила их, не думая. А сейчас вижу, что не надо было: *решил подойти и дождаться зари* — это однородные члены. Они относятся к одному подлежащему.

Как мы видим, испытуемая использует любую возможность (даже чисто внешнее сходство двух предложений), чтобы решить задачу, не думая: Она пользуется любым поводом, чтобы не напрягать интеллектуальных усилий, не производить требуемых операций. Это для Рины В. явно трудно и неприятно.

Некоторые учащиеся (в экспериментах по другим темам) прямо заявляли, что в ряде случаев они не производили операций, потому что им «было лень».

Указанными двумя причинами — устойчивостью сложившихся неправильных стереотипов умственной деятельности и интеллектуальной пассивностью, приводившей к тому, что учащиеся не производили хорошо известных им операций, — и было вызвано подавляющее большинство ошибок (около 90%).

Остальные 10% ошибок были вызваны следующими причинами: 1) невладением некоторыми операциями, которые должны были быть сформированы в предшествующем обучении, 2) неточным знанием правил.

Индивидуальные особенности влияли на усвоение требуемого метода действий не только теми учащимися, которые допустили ошибки, но и теми, которые ошибок не допустили. Наблюдения на уроках показали, что различные учащиеся овладевали общими методами мышления с различной быстротой. В классе были ученики (например, Таня З.), которым достаточно было разобрать два-три предложения, как они хорошо и прочно запоминали и усваивали все нужные признаки и системы операций. Но были и ученики, которым для усвоения того же самого требовалось во много раз большее количество упражнений. Некоторые учащиеся, составив схему действий, в эту схему почти затем не заглядывали, другие же пользовались схемами на протяжении более или менее длительного времени.

Существенные различия наблюдались и в скорости автоматизации интеллектуальных навыков. Ученики Таня З., Витя К. Надя Л. и ряд других очень быстро переходили от развернутого рассуждения к непосредственному выделению нужных элементов предложения и их соотнесению. На вопрос, проводит ли она при разборе предложения развернутое рассуждение, Надя Л., например, сказала: «Нет, читаю предложение и сразу вижу, где подлежащее, где сказуемое и относятся ли они друг к другу». На этот же вопрос Витя К. ответил: «Сначала все подробно разбирал, а сейчас сразу вижу, какое это предложение».

Но были ученики, которые до самого последнего момента вспоминали, что и в какой последовательности надо делать, чтобы правильно определить тип предложения и пунктуацию. И если по той или иной причине они полностью не воспроизводили правильного порядка действий, то, как мы видели, это объяснялось тем, что они «срывались» на привычный способ действий и допускали ошибки.

Показательно и такое обстоятельство. Если около трети учащихся выполнили контрольную работу за 20—25 минут, то в классе оказались и такие, которым понадобилось 40—45 минут. Двое учеников сдали свои листки после звонка. Это также свидетельствует о различной степени автоматизированности формируемых у учащихся навыков.

Несмотря на существенные индивидуальные различия в усвоении и применении учащимися методов мышления, которым их учили, все учащиеся, в общем, овладели нужными системами признаков и операций и успешно применяли их к решению большинства задач⁴²².

Вообще надо заметить, что примененная методика обучения обеспечила не только более высокий уровень знаний и навыков учащихся экспериментальных классов, их более высокую пунктуационную грамотность, но и вызвала сдвиг в их умственном развитии. Показателем этого является в целом успешный перенос усвоенных методов мышления с одного содержания на другое (ведь все предложения, которые давались учащимся в тексте контрольной работы были для них новыми), Показателем сдвига в умственном развитии является также то, что в процессе обучения учащиеся научились

⁴²² Исключением является Оля Г. — девочка (по отзывам учителей и врача) с определенными отклонениями в умственном развитии, для которой правильно разобраться за 45 минут в 40 предложениях оказалось непосильной задачей. Между прочим, когда в индивидуальном эксперименте после контрольной работы ей было предложено заново проанализировать те предложения, в которых она сделала ошибки, и было предоставлено неограниченное время, Оля Г. в части предложений самостоятельно обнаружила свои ошибки и исправила их. Важно заметить также и следующее. Тот факт, что многие из учащихся контрольных классов сделали значительно больше, чем 16 ошибок (есть классы, где среднее количество ошибок на ученика превосходит 20), ни в коей мере не является показателем их умственного развития. Количество ошибок безотносительно к методике обучения еще абсолютно ни о чем не говорит.

самостоятельно сопоставлять грамматические явления различного содержания, вскрывать в них общие и отличительные признаки, определять логическую структуру признаков, формулировать рациональную и общую систему операций (алгоритмы). Все это свидетельствует именно о развитии качеств мышления, так как учащиеся применяли указанные интеллектуальные навыки и умения при изучении различных тем и при оперировании различным содержанием.

§ 2. ОТНОШЕНИЕ УЧАЩИХСЯ К ПРИМЕНЕННОЙ МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ

Для правильной оценки той или иной методики обучения большое значение имеет не только качество усвоения учащимися знаний, умений и навыков, степень овладения ими методами мышления, но и то, какое отношение вызывает у учащихся новый способ преподавания, как он влияет на мотивы учения, какой вызывает интерес к предмету и т. п. Как известно, формирование правильных мотивов учения, интереса к знаниям, желания учиться является важнейшей задачей школы, и от того, насколько успешно эта задача решается, зависит во многом и само качество усвоения знаний, умений и навыков.

Проводя экспериментальное обучение, мы интересовались, разумеется, не только тем, как влияет обучение алгоритмам на развитие интеллектуальных способностей учащихся, но и тем, какое оно вызывает у учащихся отношение, как влияет на мотивы учения и интерес к нему. Важно было также выяснить, насколько при данной методике обучения учащиеся легко и быстро усваивают материал, не усложняет ли обучение алгоритмам процесс учения, не вносит ли дополнительных трудностей.

Наблюдения на уроках показали, что примененная методика обучения вызвала у учащихся большой интерес и высокую активность. Учителя отмечали, что многих учеников, которые считались пассивными, ленивыми, не интересующимися предметом, стало «не узнать». О том, что «русский язык, оказывается, интересный предмет», неоднократно говорили в беседах с нами и учащиеся. Чтобы получить более точные данные об отношении учащихся¹ к примененной методике обучения, после изучения темы «Подлежащее» мы попросили учащихся двух шестых классов (328-й и 613-й школ Москвы) высказать свои соображения письменно. Мы сказали, что для совершенствования способов обучения нужно знать, насколько каждый способ приемлем, каковы его достоинства и недостатки. Мы отметили, что мнение учащихся по этому вопросу весьма важно.

Мы поставили перед учащимися следующие вопросы:

- 1) Понравился ли вам новый метод (способ) изучения грамматики?
- 2) В чем, по-вашему, его преимущества и недостатки по сравнению с обычным?
- 3) Хотели ли бы вы, чтобы остальные темы изучались таким же образом?

Мы подчеркнули, что особенно важно знать недостатки нового способа и что учащиеся должны писать о них не стесняясь. Учащимся было сказано, что написание «отзывов» (они писали их дома) — дело сугубо добровольное и что листки можно сдавать, не подписывая фамилии. Через несколько дней нами был получен 61 отзыв (несколько учащихся написали отзыв коллективно). Во всех отзывах высказывается положительное отношение к примененной методике, в нескольких отзывах, на которых мы специально остановимся дальше, говорится о желательности упростить метод распознавания подлежащего.

Приведем некоторые из отзывов.

«Недавно мы проходили тему «Подлежащее». Проходили эту тему мы не как обычно, заучивая правила по учебнику, а проходили по признакам. Мне кажется, что так учить легче и понятнее. Я бы очень хотела, если бы мы проходили так все остальные темы⁴²³».

«Новая тема «Признаки подлежащего» мне очень понравилась. Ставя к словам признаки, стало легко определять в предложении подлежащее. Было бы легко определять и другие части речи, если бы упростили так же, как и нахождение подлежащего».

«Метод, которым мы находили подлежащее, очень хороший. Все быстро усваивается. Этот метод очень ясный и легкий».

«То, что мы изучили признаки подлежащего, очень хорошо, так как благодаря им очень легко узнать подлежащее в предложении. Учитель объяснял материал понятно. Такая система объяснения мне понравилась. Мне бы очень хотелось, чтобы все остальные темы объясняли так же».

«Недавно мы проходили новую тему «Подлежащее». Но мы учились не так, как обычно. Мы не заучивали правил и делали упражнения на листках. Мне этот метод учебы больше нравится, я все хорошо понимала, так учиться интересней и легче».

«Новый метод определения подлежащего мне очень понравился. Он значительно облегчает поиски подлежащего. В контрольной работе, которую мы писали, этот метод значительно ускорил выполнение

⁴²³ Отзывы приводятся без всяких изменений, с сохранением стиля авторов.

ее. Мне очень интересно узнать, можно ли еще больше сократить правило».

«Когда нам сказали, что будем по-новому определять подлежащее, я очень обрадовался. Мне очень нравится определять так подлежащее. Этот метод очень легкий, легко запоминается, но к нему надо относиться по-серьезному. Если сделаешь ошибку, все пойдет наем-арку. Но вместе с тем он все же легче, чем прежние, и определять как-то весело».

«Несколько недель назад в нашем классе начали обучать русскому языку по новой системе. По этой системе легче учиться. Благодаря простым и доходчивым примерам правила легко запоминаются. Вместо обыкновенных примеров нам давали примеры из жизни, в которых признаки человека сравниваются с признаками подлежащего. При помощи этих примеров я лучше поняла объяснения. Этот метод обучения мне нравится».

«На одном из уроков к нам в класс пришел преподаватель русского языка и познакомил нас с новым методом определения подлежащего в предложении. Этим способом, составленным из специальных таблиц, по признакам легко находится подлежащее. Мне этот способ понравился, потому что признаки подлежащего все время видишь перед глазами, и поэтому они легко усваиваются. Преподаватель очень хорошо объяснил нам этот материал и тем самым подготовил к контрольной работе. Желательно, чтобы этот метод применяли при изучении грамматики».

«Работать по признакам очень легко, легче, чем по учебнику. Мне понравилось учиться по новому методу. На дом задают меньше, а в классе теперь мы проделываем большую работу, чем раньше».

«Мне нравится новый метод обучения. Теперь уже нельзя ошибиться в нахождении подлежащего. Когда к нам в класс пришел новый учитель, то я подумал, что урок будет неинтересный, но он прошел очень хорошо. Нам приводили примеры. Например, нужно было по признакам одежды узнать какого-нибудь человека. После двух уроков у нас в классе была проведена контрольная работа по новому материалу. Наш класс написал контрольную работу лучше других классов⁴²⁴. У нас не было ни одной «двойки». После введения нового материала уроки проходят гораздо интереснее».

«Мне новая система преподавания нравится тем, что она ясна и понятна каждому. Теперь по признакам стало легче узнавать подлежащее».

«Мне понравилась новая система преподавания. Она легче и понятней. Я хотела бы, чтобы все время преподавали так».

Остальные отзывы аналогичны приведенным. Как мы видим, учащиеся отмечают следующие особенности усвоения материала при обучении новым для них методом: легкость; понятность; интересность; простота; более быстрое усвоение и запоминание; уменьшение объема домашних заданий и более активная работа на уроке («на дом задают меньше, а в классе мы проделываем большую работу, чем раньше»); более высокое качество усвоения («наш класс написал контрольную лучше других классов»); отсутствие необходимости заучивать правила («мы не заучивали правил и делали упражнения на листках»); появление интереса к рациональному «устройству» правил («мне интересно узнать, можно ли еще больше сократить правило»); необходимость серьезного отношения к методу («к нему надо относиться по-серьезному, если сделаешь ошибку, все пойдет насмарку»); появление положительных эмоций («определять как-то весело»). Почти все учащиеся указывают на желательность изучения других тем таким же методом.

Из всех учащихся, подавших «отзывы», два ученика отметили, что для них безразлично, каким методом распознавать подлежащее, один ученик высказал пожелание найти способ определять подлежащее «еще более быстрым путем», один указал на то, что один тип подлежащего ему «дался немножко трудно», и один ученик отметил «кропотливость и сложность работы».

Приводим высказывания этих учеников.

«Метод, которым мы изучали подлежащее, неплохой. Но я и раньше все хорошо понимал. Так что для меня безразлично, каким методом изучать».

«Недавно мы изучали новый метод нахождения подлежащего. Этот метод мне понравился, на мой взгляд, он является не трудным и легко запоминающимся. Но подлежащее мне и раньше нетрудно было находить. Хотелось бы, если возможно, научиться так же легко определять и другие члены предложения и части речи, особенно различать краткие прилагательные от причастий. Тогда бы мы меньше делали ошибок в диктантах».

«Мне нравится новый метод обучения. С помощью признаков находить подлежащее стало гораздо легче. Но мне кажется, что процесс нахождения подлежащего долг. Нельзя ли с помощью этих же признаков находить подлежащее в предложении более быстрым путем?»

«Мне кажется, что тема «Подлежащее» — нетрудная тема. Немножко трудно мне далось то, когда

⁴²⁴ Имеются в виду контрольные классы из этой школы.

подлежащее является глаголом в неопределенной форме. В младших классах мы еще не были знакомы с таким подлежащим, а в остальном все сравнительно нетрудно. Я только путаю в предложениях подлежащее в тех случаях, когда подлежащим является какое-нибудь словосочетание».

«Эта работа очень интересная, но довольно кропотливая и сложная».

Таким образом, даже те. ученики, для которых метод обучения безразличен (это, как правило, сильные ученики) и те, которые встретились с некоторыми трудностями, отмечают, что они относятся к новому методу положительно. Один из учеников, который хотел бы, чтобы процесс нахождения подлежащего был более прост, и который встретился в процессе усвоения метода распознавания подлежащего с некоторыми трудностями, отмечает все же, что «с помощью признаков находить подлежащее стало гораздо легче». Подводя итог обзору ученических отзывов, можно, таким образом, сказать, что обучение алгоритмам не только повышает качество знаний, умений и навыков учащихся, облегчает процесс усвоения, но формирует у них интерес к предмету, вырабатывает положительные мотивы учения.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

В настоящей работе была сделана попытка осветить проблему обучения учащихся алгоритмам (предписаниям алгоритмического типа) и описан эксперимент по изучению некоторых тем грамматики с помощью алгоритмов.

Может возникнуть вопрос: не влечет ли за собой такое обучение усложнения учебного процесса? Не означает ли предлагаемая методика, что, кроме грамматики, учащиеся должны овладеть еще и логикой? Не трактует ли автор предлагаемой книги логику как своеобразную надстройку к грамматике? На эти вопросы следует ответить отрицательно. Прежде всего следует подчеркнуть, что, если бы в процессе преподавания грамматики удалось дать учащимся некоторые сведения из логики, в этом не было бы не только чего-либо плохого, но, наоборот, это только принесло бы учащимся пользу. Логика — важная наука, значение которой для школы в настоящее время явно недооценивается.

Однако цель нашего исследования заключалась не в разработке способов обучения элементам логики в процессе изучения грамматики (эта задача ждет еще своего решения). Наша цель была в том, чтобы само обучение грамматике поставить на твердую логическую основу, само грамматическое мышление учащихся сделать по-настоящему логическим.

Обучение логическим операциям никогда не может быть надстройкой над обучением какому-либо предмету, так как логические операции не существуют отдельно от грамматических, математических и прочих операций. Они существуют в них, реализуются *ч е р е з* них. Понятие «логическая операция» — это абстракция, большое значение которой заключается в том, что она дает возможность выявить то общее, что есть в мышлении человека независимо от содержания, которым он оперирует. Логическое — это общее в грамматическом, математическом и всяком другом мышлении, коль скоро это мышление правильно отражает действительность.

Логические операции не существуют в чистом виде. Они всегда выступают в форме каких-либо содержательных операций. Вот почему, обучая учащихся методам логического мышления, мы не учили их логике *н а р я д у* с грамматикой, не формировали у них логического мышления *д о п о л н и т е л ь н о* к грамматическому. Это сделать невозможно. Мы учили их логическим: операциям в форме грамматических операций, *л о г и ч е с к о й* *с т р у к т у р е* *г р а м м а т и ч е с к и х* *з н а н и й*, логике на материале грамматики; короче говоря, мы учили их логике грамматики. Но поскольку логические структуры грамматических знаний имеют общее с логическими структурами любых других знаний, то, обучая общим методам грамматического мышления, мы учили учащихся некоторым общим методам мышления вообще.

Возникает, однако, вопрос, следует ли специально обучать, учащихся умственным операциям, не достаточно ли того, что они изучают грамматические правила?

Грамматические правила, так же как законы, теоремы, определения в других науках, служат средством решения задач только в том случае, если они правильно применяются. А применение правил, в частности распознавание условий, в которых правило оказывается применимым, осуществляется посредством специальных операций. Подобно тому как нельзя решить трудовую задачу (например, сделать какую-либо вещь), не произведя определенных трудовых операций, так нельзя решить интеллектуальную задачу (задачу грамматическую, математическую, относящуюся к области физики и т. д.), не произведя определенных умственных операций. Осуществление определенной совокупности умственных операций для решения задачи является объективной необходимостью. Но если это так, то неправильно думать, что некоторые задачи можно решать, не производя операций. Несостоятельным является и высказываемое иногда такое мнение: «Зачем, например, производить какие-то операции, чтобы распознать в предложении, допустим, подлежащее или определить вид предложения, если это и так видно, видно без всяких операций?»

Мнение о том, что что-то «сразу видно», что-то без всяких операций «непосредственно воспринимается», «само приходит в голову» и т. п., есть иллюзия, порожденная тем, что многие операции, вследствие своей автоматизированностиTM, человеком не осознаются. Не осознаются, вообще говоря, не только автоматизированные умственные операции, но и многие другие психические и физиологические процессы. Так, например, человек в обычных условиях, не осознает сокращений своей сердечной мышцы. Но из того факта, что сокращения мышцы не осознаются, совсем не вытекает, что сердце работает не сокращаясь. Впрочем, есть принципиальная разница между работой сердца и «работой» мышления. «Операции», которые производит сердце, даны человеку от рождения (хотя и они совершенствуются в процессе его жизнедеятельности), операции же, которые человек производит в процессе мышления, от рождения не даны, и им необходимо специально обучиться.

Те, кто, не осознавая своих операций, считает, что они решают некоторые задачи без «всяких операций», делают из этой посылки вывод: если можно решать задачи без операций, то зачем «мудрить», обучая каким-то операциям, зачем затрачивать на это время и силы? Надо ли усложнять простые вещи?

Мнение о том, что можно решать задачи «без операций», является несостоятельным. Объективный анализ структуры знаний, в частности грамматических, показывает, что мыслительные процессы, кажущиеся на первый взгляд простыми, не требующими каких-либо особых операций, на самом деле являются весьма сложными, расчленяющимися на значительное количество операций. И если бы это было не так, если бы простота распознавания, например, подлежащего не была лишь кажущейся, то все учащиеся безошибочно распознавали бы этот член предложения. В действительности же этого нет. Мы уже не говорим о других, более сложных задачах. Вообще, если бы для грамотного письма достаточно было простого, знания грамматических правил, то в школе не было бы неуспевающих (правила большинства учащихся знает, и выучить их не так трудно). Между тем русский язык (наряду с математикой) является одним из самых трудных предметов, по которым неуспеваемость наибольшая.

Сегодня трудно найти человека, который усомнился бы в том, что знаниям нужно специально учить. Когда же речь идет об обучении мыслительным операциям, то почему-то нередко считают, что операциям специально учить не нужно, что обучение операциям только усложняет процесс учения. Но ведь операции есть такой же необходимый компонент мышления, как и знания, без операций процесс мышления так же невозможен, как и без знаний. Что касается сложности овладения операциями, то возникает законный вопрос: если сложно овладеть операциями в условиях специально организованного обучения, то насколько сложнее овладеть этими операциями самостоятельно, стихийно, когда операциям специально не обучают?

Мы видели, что овладеть определенными операциями в условиях специально поставленного обучения не так уж сложно, как это может показаться на первый взгляд. Но даже если бы овладение какой-то системой операций являлось действительно сложным делом, то это ни в коем случае не аргумент против специального обучения операциям. Наоборот, чем сложнее та или иная система операций, тем важнее ей специально учить, тем труднее овладеть этой системой операций при отсутствии такого обучения. Сложность операций не уменьшается от того, что мы просто отказываемся обучать им. Не учить, потому что сложно, — значит закрыть глаза на сложность, взвалив все трудности на плечи учащихся.

В педагогике существуют два пути выработки у учащихся навыков логического мышления. Первый путь — это неосознанное усвоение учащимися логических методов, происходящее в процессе изучения конкретного учебного материала и практического решения задач. Второй путь — это путь сознательного овладения этими методами, когда учитель специально сосредоточивает внимание учащихся на тех логических средствах, при помощи которых осуществляется решение задач.

Формирование операций при первом пути обучения осуществляется, по выражению А. Н. Леонтьева [693], путем «прилаживания» действий к предметным условиям (или путем простого подражания). При этом учащиеся, рассуждая, обычно не отдают себе отчета в том, как протекает их мыслительный процесс, не знают, какие мыслительные операции они производят⁴²⁵. На вопрос, что надо делать, чтобы решить определенную задачу, как надо при этом думать, рассуждать, они часто ответить не могут. Умственные операции, сформированные таким образом, плохо осознаются, а самое главное — плохо контролируются и регулируются. Они актуализируются лишь при обращении к предметам, с которыми были связаны в опыте (или сходными с ними), и не могут произвольно и сознательно управляться и переноситься с одного содержания на другое.

Следует ли, однако, исключить этот способ обучения из учебной практики? Нет, не следует, потому что сравнительно несложные системы операций могут сложиться и без специального обучения. Более того, формирование некоторых первоначальных элементарных операций осуществляется только этим путем. Но этот способ становится не эффективным и, более того, неудовлетворительным, когда стоит задача формирования более сложных систем операций. Не зная, как нужно действовать, чтобы решить ту или иную задачу, ученик в этом случае обычно становится на путь слепых проб, гаданий, действий

⁴²⁵ Интеллектуальное умение, сложившееся при обучении этим путем, можно сравнить, например, с умением застегивать пуговицу. Застегивать пуговицы обычно специально не учат, и действия, из которых составлено это умение, формируются стихийно, в процессе прилаживания к объекту, на который они направлены. Характерной чертой умения застегивать пуговицы является то, что человек обычно не знает, из каких операций состоит это умение, не может рассказать, что и как нужно сделать, чтобы застегнуть пуговицу. Умение застегивать пуговицу в его сознании не расчленено на операции, и он их, как правило, не осознает. Аналогичное положение имеет место с интеллектуальными умениями, сложившимися стихийно в процессе прилаживания к объектам, на которые они направлены.

наудачу или по аналогии (и это единственный в этих условиях способ найти решение!). Поскольку некоторые из этих действий приводят к решению задачи, они закрепляются в сознании ученика. Так формируются определенные интеллектуальные навыки и умения.

Однако такой способ формирования умственных операций является долгим, неэкономным и часто мучительным. Главный же его недостаток состоит в том, что системы операций, складывающиеся стихийно, неосознанно, в процессе прилаживания к тому или иному объекту, оказываются часто несовершенными, недостаточно общими, а то и просто неправильными. (Это ясно показал приведенный выше экспериментальный материал.) Применение этих операций, помогая решить задачу в каких-то одних, обычно более или менее ограниченных условиях, не может обеспечить решение задачи во многих других условиях (например, не обеспечивает безошибочного распознавания типа любого данного ученику предложения).

Передовые педагоги прошлого всегда придавали большое значение специальному обучению учащихся приемам логического мышления. Необходимость такого обучения признает и большинство современных педагогов. Почему же тогда первый путь еще и до настоящего времени в практике остается господствующим? Это связано с тем, что специальное, сознательное и целенаправленное обучение умственным операциям предполагает знание механизмов мышления, расчленение мыслительной деятельности на определенные компоненты, точное выявление и учет структуры этих элементов, их внутренних связей, зависимостей, взаимодействий. Такое знание нельзя получить в результате лишь индивидуального эмпирического опыта, оно результат развития науки, в первую очередь психологии и логики, а в настоящее время и кибернетики.

Уровень развития психологии и логики еще несколько десятков лет назад был таким, что создать научно обоснованную общую теорию обучения системам умственных операций, в частности алгоритмам мыслительной деятельности, было вряд ли возможно. В настоящее же время благодаря новым идеям, возникшим в психологии, логике и кибернетике, ставить вопрос о создании такой теории не только можно, но и необходимо. Современные идеи в области психологии, логики и кибернетики позволяют не только создать научную теорию обучения умственным операциям и их системам, но и поставить вопрос о типах этих систем.

Обучение алгоритмам, как и обучение методам неалгоритмического характера, можно поставить по-разному. Один способ — это давать алгоритмы в готовом виде, так, чтобы учащимся надо было их просто заучить, а затем закрепить эти алгоритмы в процессе упражнений. При другом способе алгоритмы не даются учащимся в готовом виде, а открываются самими учащимися. Обучение строится таким образом, чтобы учащиеся самостоятельно находили нужные и притом достаточно рациональные системы операций. Важно при этом, чтобы овладение этими системами операций осуществлялось не в результате заучивания, а в результате правильно поставленных упражнений. Ясно, что в определенных случаях может оказаться целесообразным и первый способ обучения, но главным, основным, ведущим в обучении должен быть, по нашему мнению, второй способ. Этот способ мы и использовали в экспериментальном обучении. Мы не навязывали учащимся алгоритмы, не давали их заранее, не предлагали их в готовом виде. Учащимся не нужно было их специально заучивать.

Система операций, лежащая в основе алгоритма, складывалась у учащихся постепенно в процессе самостоятельных, активных, практических языковых действий. Словесное же формулирование алгоритмов или их отдельных элементов и изображение их на схеме было лишь результатом, итогом формирования отдельных операций.

Алгоритмы не представляют собой какого-то сверхпрограммного материала, не являются чем-то дополнительным к операциям, которые производят учащиеся. Эти операции воплощаются в алгоритмах, алгоритмы их определенным образом организуют. Четкое формулирование операций в словах дает возможность лучше их осмыслить, а потому и произвольно их выполнять, активно управляя ходом собственной мыслительной деятельности. И подобно тому как хорошая, строгая организация любого дела не может сделать его более трудным, а лишь облегчает его, так не может создать дополнительных трудностей строгая организация умственных операций. Дополнительная нагрузка и трудности для учащихся создаются не тем, что в их умственную деятельность вносится определенный порядок и система, а тем, что такой порядок и система отсутствуют. Это, собственно, и показали результаты описанных выше экспериментов.

Алгоритмы не дополнение к грамматическим правилам, не что-то внешнее по отношению к ним. Это определенный, ясно осознанный и четко сформулированный способ систематизации правил и организации умственной деятельности по их применению, способ, вытекающий из внутренней логической структуры правил. Описанная выше зависимость логической структуры алгоритма от логической структуры признаков грамматических (и других) явлений показала внутреннюю связь между строением

грамматических понятий и правил, с одной стороны, и осуществляемыми учеником умственными операциями — с другой.

Алгоритмы в процессе обучения не нужно не только специально, заучивать, но и в конечном счете помнить. Подобно тому как знание грамматических правил нужно не ради самих правил, а ради грамотного письма, так и знание учащимися алгоритмов нужно не ради самих алгоритмов, а ради овладения правильными способами действий. Человек, который научился грамотно писать, обычно в процессе письма не вспоминает тех правил, на основе которых он пишет и знание которых когда-то сделало его грамотным. Он может их даже забыть, потому что они теперь «сидят» у него «в руках». Так и с алгоритмами. Человек, который на основе алгоритмов овладел правильными методами действий, в процессе действий их обычно уже не вспоминает; больше того, он их может вообще забыть. Но все значение обучения алгоритмам состоит в том, что они в свое время сформировали эти правильные методы действий, а, сформировав, затем как бы воплотились в них, как бы в них материализовались.

Как было сказано выше, обучение учащихся методам мышления не сводится к обучению алгоритмам. Понятие «метод мышления» шире понятия «алгоритм». Когда человек умеет выявлять в предметах и явлениях их общие признаки, определять их логические структуры, находить правильную и рациональную последовательность операций, самостоятельно строить процесс рассуждения, логически строго обосновывать и доказывать свои утверждения и т. д., то он владеет определенными методами мышления. Но не все они суть алгоритмы.

В экспериментальном обучении большое внимание было уделено, как мы видели, не только тому, чтобы научить учащихся *п р и м е н я т ь* алгоритмы, но и тому, чтобы научить их *эти* алгоритмы *с т р о и т ь*. Владение алгоритмом есть владение определенным общим методом мышления, но сам метод построения алгоритмов в общем случае алгоритмом не является. Применение алгоритма — алгоритмический процесс, построение же алгоритма — процесс во многих случаях неалгоритмический; не всегда можно указать алгоритм построения алгоритма. В этом — одно из проявлений того методологического положения, что в принципе невозможно алгоритмизировать все мышление; алгоритмизировать можно только отдельные его стороны, отдельные системы операций. Сказанное, нисколько не умаляя большого значения алгоритмов, подчеркивает вместе с тем их недостаточность для решения всех мыслительных задач, возникающих в практике человеческого мышления.

Из всех результатов экспериментального обучения особенно большое значение имеет формирование у учащихся методов мышления неалгоритмического характера. Это связано с тем, что количество предметов и явлений, с которыми человеку приходится иметь дело в своей практической и теоретической деятельности, бесконечно многообразно. Никакое обучение не в состоянии научить всему и предусмотреть все те конкретные задачи, которые встретятся человеку в жизни и которые он должен будет уметь решать. Поэтому подготовить учащихся к жизни — значит прежде всего вооружить их такими общими методами деятельности (и в первую очередь мыслительной, поскольку она регулирует другие виды человеческой деятельности), которые дадут учащимся возможность решать различные задачи, поставленные перед ними жизнью.

Как мы говорили выше, задачи из разных предметных областей имеют между собой общие черты, могут быть отнесены по определенным признакам к одним и тем же типам и поэтому могут решаться путем применения одинаковых методов (например, житейские задачи и научные, грамматические и математические и т. д.). Значение этого факта трудно переоценить. Выявление общих признаков в задачах самого различного содержания, открытие общих методов их решения дает возможность так построить процесс обучения, чтобы, усваивая, например, метод решения определенного типа математических задач, ученик одновременно подготавливался к более легкому и быстрому усвоению методов решения определенных типов грамматических, географических и прочих задач. В самом деле, если метод решения какой-либо грамматической задачи такой же, как и метод решения математической задачи, то, обучив этому общему методу на одном предмете, можно затем на другой предмет его просто перенести, не затрачивая времени на обучение этому методу заново. (Примеры переноса методов мышления с одних предметов на другие были приведены выше.) В настоящее время даже трудно предвидеть, к какой экономии времени и сил учащихся и учителей могло бы привести обучение, если бы удалось вскрыть общие методы решения задач «из разных предметов» и использовать при формировании этих методов перенос их из одной предметной области в другую.

Разработка всего круга относящихся сюда проблем — важная задача дидактики, а также педагогической психологии и педагогической логики, которая, к сожалению, не существует как самостоятельная отрасль педагогики. Логическими основами обучения у нас почти не занимаются. Чем больше дифференцируются науки — а это неизбежно отражается на содержании обучения и через: это содержание на методах, — тем большее значение приобретает дидактика как общая теория обучения, так как

именно дидактика призвана выявлять, формулировать то общее, что имеется в содержании знаний, типах задач и методах мышления, изучаемых «внутри» отдельных учебных предметов. Только выявив это общее, можно ему специально обучать и тем самым сознательно и целенаправленно, используя перенос методов с одних предметов на другие, развивать общие умственные способности учащихся и обеспечить хорошую подготовку их к жизни.

Обучение общим методам мышления не только облегчает и убыстряет процесс усвоения знаний и операций. Оно вырабатывает также такое важнейшее качество мышления, как умение искать и находить общее в самых различных — и даже далеких друг от друга — вещах, явлениях, процессах. Оно приводит к тому, что учащиеся оказываются в состоянии применять в решении задач единые общие методы, самостоятельно переносить эти методы с одного содержания на другое. История научных открытий и изобретений показывает огромное значение этого качества мышления. Большое количество научных открытий и изобретений было связано именно с тем, что ученому или изобретателю удавалось рассмотреть с общей точки зрения далекие и, казалось бы, не имеющие между собой ничего общего предметы и явления, а это оказывалось возможным потому, что он применял к анализу одной предметной области методы, сложившиеся в другой предметной области и использовавшиеся до определенного момента только в последней.

О значении переноса методов с одного содержания на другое свидетельствуют и колоссальные успехи кибернетики, сложившейся как самостоятельная наука совсем недавно. Эти успехи кибернетики оказались возможными потому, что ей удалось рассмотреть с единой и общей точки зрения некоторые процессы (а именно процессы управления), происходящие в природе, обществе и мышлении. Кибернетика обнаружила, что методы, сложившиеся внутри отдельных конкретных наук и до поры до времени применявшиеся внутри определенных предметных областей, могут быть перенесены на смежные и даже далекие друг от друга предметные области. Благодаря этому науки, которые раньше были лишь очень слабо связаны друг с другом, начали все более тесно между собой взаимодействовать, стали использовать в своих областях методы друг друга, стали развивать эти методы совместными усилиями. (Это ясно видно на примере взаимодействия лингвистики и математики, генетики и теории информации, логики и электротехники и т. д.)

Особенности современного направления развития науки и анализ ее тенденций имеют важное значение для дидактики как общей теории обучения. Требования, которые предъявляют современная наука и жизнь к качествам мышления молодых людей, оканчивающих школу, сегодня иные, чем это было еще 10—15 лет назад. И, пожалуй, главное из этих требований состоит в том, что оканчивающий школу должен владеть такими методами мышления, которые позволяют ему рассматривать с общей точки зрения самые разнообразные явления и процессы. Он должен не только понимать то общее, что объединяет сегодня различные (и до недавнего времени далекие друг от друга) отрасли науки и техники, но и быть в состоянии самостоятельно это общее выявлять, познавать, используя результаты познания в практической деятельности.

Изучение общих методов мышления и способов обучения им имеет большое значение и для развития самой дидактики. Мы пытались выше показать, как наличие в процессе обучения общих дидактических задач — диктуемых, в частности, общностью методов мышления, которым необходимо научить учащихся, — порождает общую систему приемов, методов самого обучения. Мы видели, что обучать знаниям из самых разных предметных областей можно едиными общими методами, коль скоро условия обучения и дидактические задачи, которые надо решать, являются одними и теми же. Можно было бы показать, что это относится не только к обучению различным темам внутри одного предмета (в нашем эксперименте — русского языка), но и к обучению различным предметам. Если возможны общие методы решения задач учащимися (и вообще людьми), то почему не допустить возможность общих методов обучения этим общим методам? Мы старались показать, что такие общие методы возможны и их необходимо разрабатывать. Это должно быть одной из наиболее важных задач дидактики.

Говоря об общих методах обучения, мы имеем в виду то понятие метода, которое было раскрыто в начале этой книги: понятие метода как совокупности определенных операций, как определенной их системы. Это понятие метода не совпадает (или, вернее, не полностью совпадает) с тем, что обычно принято понимать под методами обучения (метод беседы, метод лабораторных работ и т.п.). В нем отражен несколько иной — и, по-видимому, весьма перспективный — аспект изучения методов.

Если конкретное изучение методов мышления (и вообще любых методов деятельности) предполагает их структурно-операционный анализ, т. е. расчленение методов на компоненты (операции), выявление внутренних связей между этими компонентами, их рациональной последовательности, то такой же подход должен применяться и к изучению методов обучения. Структурно-операционный подход к изу-

чению методов обучения должен привести к построению рациональных алгоритмов обучения, к разработке способов определения оптимальных систем обучающих операций. Построение и открытие рациональных алгоритмов обучения — это та новая и на сегодняшний день очень актуальная проблема, которая встает при структурно-операционном подходе к методам обучения.

Разработка рациональных алгоритмов обучения теснейшим образом связана с проблемой программирования обучения. Описанный выше опыт обучения учащихся алгоритмам решения грамматических задач представляет собой попытку построить процесс обучения как процесс формирования определенных качеств мышления учащихся на основе определенной программы действий, которые учащиеся и учитель должны в процессе обучения осуществлять. Данная попытка, возможно, еще несовершенна, но есть все основания полагать, что подход к обучению как к процессу формирования определенных качеств мышления учащихся в соответствии с заданной программой откроет перед педагогикой большие перспективы и будет, в частности, важен для программированного обучения. Такой подход открывает возможность применения к анализу процесса обучения (а в будущем, по-видимому, и процесса воспитания) мощного аппарата современной математической, логики, теории информации, кибернетики, исследования операций.

В настоящее время выбор подходящих для тех или иных условий приемов и методов обучения осуществляется учителем обычно интуитивно, на основе опыта. Ни методика, ни дидактика не дают сегодня в руки учителя точных методов определения в том или ином отношении оптимального сочетания приемов обучения для каждой совокупности условий. Естественно, что такой выбор приемов и методов обучения на основе опыта, интуиции лишь в небольшом проценте случаев может совпасть с оптимальным. Внедрение в педагогику методов построения рациональных алгоритмов, современных методов расчета в том или ином отношении оптимальных вариантов действий даст возможность создать в самой педагогике такие методы, которые позволят рассчитывать наилучшую в определенных условиях методику обучения. На очерченном выше пути можно будет решить и такой вопрос. Мы говорили неоднократно о том, что эффективное обучение учащихся методам мышления предполагает выделение в самых различных предметных областях (и следовательно, в учебных предметах) общих типов задач и перенос методов решения с одной предметной области на другую. Но чтобы это осуществить, учитель должен хорошо знать не только свой предмет, но и другие предметы, уметь анализировать типы встречающихся там задач и методы их решения. Ясно, однако, что учитель не может одинаково хорошо знать различные предметы. Каков же выход из этого положения? С нашей точки зрения, он лежит на пути внедрения в педагогику приемов формализации.

Мы показали выше, какой вид может принять формализация в грамматике, как можно символически описывать грамматические правила и структуры признаков языковых явлений. Поскольку структуры операций по применению признаков зависят от логических структур признаков, то структуры указанных операций, методы решения грамматических задач могут быть также описаны символически.

Символическое описание дает возможность абстрагироваться от конкретного содержания отдельных признаков и операций и благодаря этому выявить их самые общие структуры, причем в «чистом виде».

Как только структура конкретных признаков и операций оказывается изображенной с помощью знаков, так она приобретает некоторое общее значение. Если, например, структуру признаков окружности описать символически, на определенном «языке знаков», то в такой форме она представляет собой отражение не только структуры признаков данной конкретной геометрической фигуры, но и любых признаков любых предметов и явлений, имеющих данную структуру признаков. Зная символическое описание данной структуры, учитель по этому описанию сможет обнаружить такую же структуру признаков в другом объекте, коль скоро эта структура формализована.

Выше мы показали, что учащиеся шестых классов легко усваивают структуры признаков, изображенных схематически кружочками, и успешно оперируют с этими абстрактными логическими схемами структур признаков. Однако ничто не мешает изобразить признаки не кружочками, а буквами и, таким образом, добиться максимально удобной формы записи структур признаков (и, если нужно, операций). Это нисколько не затруднит понимания, так как с точки зрения легкости усвоения никакой разницы между тем, изображен ли признак кружочком или буквой, нет.

Гарантией того, что не только учитель, но и учащиеся легко освоятся с символикой, является тот факт, что уже учащиеся первых классов — как показывают проводимые в настоящее время исследования — без значительных затруднений усваивают начала алгебры; а ведь специфичным в алгебре (по сравнению с арифметикой) является именно то, что числа здесь изображаются определенными знаками — буквами — и операции над числами заменяются операциями над буквами. Совершенно очевидно, что если для учащихся символическое изображение чисел и оперирование буквами не является трудным,

то не будет трудным и символическое изображение признаков вещей и явлений, а также овладение элементами символической (математической) логики.

Усвоение логических структур признаков и операций, выраженных в символической буквенной форме, может сыграть большую роль в развитии абстрактного мышления учащихся, в развитии методов их умственной деятельности. Как только одинаковые структуры признаков различных явлений (из разных предметных областей) изображаются символически, так учащиеся сразу видят их общность и оказываются в состоянии самостоятельно переносить методы мышления с одних предметных областей на другие.

Символическое изображение структур признаков различных явлений приведет к более быстрому формированию у учащихся представления о строении человеческих знаний, что имеет большое значение для выработки у них рациональных способов познания и для развития их научного мировоззрения. Нельзя не сказать и о том, что овладение подобного рода символикой будет подготавливать учащихся к восприятию современного языка науки.

В нашей работе сделаны лишь первые шаги на пути разработки намеченных выше проблем. Опыт исследования в этом направлении, описанный выше, показал, что решение указанных проблем имело бы большое значение как для усовершенствования практики обучения, так и для самой педагогической теории.

Структурно-операционный анализ общих методов мышления, а также и самих методов обучения является предпосылкой для создания такой теории обучения, которая даст возможность внести в построение процесса обучения элементы точного расчета и предсказания, вооружит учителя способами обоснованного определения, выбора и построения наиболее рациональных и эффективных методов обучения. А в этом и состоит одна из основных задач дидактики и педагогической психологии.

I. Вопросы логики и теории познания. Семантика

1. Алексеев М. Н., Диалектическая логика, М., «Высшая школа», 1960.
2. Андреев И. Д., О методах научного познания, М., «Наука», 1964,
3. Бирюков Б. В., Идеализация. В кн.: «Философская энциклопедия», т. 2, М., «Советская энциклопедия», 1962.
4. Веккер Л. М. и Ломов Б. Ф., О чувственном образе как изображении. «Вопросы философии», 1961, № 4.
5. Войшвилло Е. К., Предмет и значение логики, М., Изд-во МГУ, 1960.
6. Востриков А. В., Теория познания диалектического материализма, М., «Мысль», 1965.
7. Горский Д. П., Вопросы абстракции и образование понятий. М., Изд-во АН СССР, 1961.
8. Грузенберг С. О., Гений и творчество. Основы теории и психологии творчества, Л., 1924.
9. «Диалектика и логика. Законы мышления», М., Изд-во АН СССР, 1962.
10. Карнап Р., Значение и необходимость, М., Изд-во иностр. лит., 1959.
11. Кедров Б. М., Единство диалектики, логики и теории познания, М., Госполитиздат, 1963.
12. Копнин П. В., Диалектика как логика, Киев, Изд-во Киевского ун-та, 1961.
13. Курсанов Г. А., Диалектический материализм о понятии, М., Изд-во ВПШ и АОН, 1963.
14. Лапшин И. И., Философия изобретения и изобретение в философии, Пг., 1922.
15. «Логика», под ред. Д. П. Горского и П. В. Таванца, М., Госполитиздат, 1956.
16. Мальцев В. И., Очерк по диалектической логике, М., Изд-во МГУ, 1964.
17. Медведев Н. В., Теория отражения и ее естественнонаучное обоснование, М., Соцэкгиз, 1963.
18. Осипов И. Н. и Копнин П. В., Основные вопросы теории диагноза, М., Медгиз, 1951.
19. Павлов Т., Теория отражения, М., Изд-во иностр. лит., 1949.
20. «Проблемы логики научного познания», под ред. П. В. Таванца, М., «Наука», 1964.
21. «Проблемы мышления в современной науке», под ред. П. В. Копнина и М. Б. Вильницкого, М., «Мысль», 1964.
22. «Проблемы формализации семантики языка». Тезисы научной конференции, М., 1-й МГПИЯ, 1964.
23. Паункаре А., Математическое творчество. Психологический этюд, Юрьев, 1909.
24. Паункаре А., Наука и гипотеза, М., 1904.
25. Резников Л. О., Понятие и слово, Л., Изд-во ЛГУ, 1958.
26. Резников Л. О., Гносеологические вопросы семиотики, Л., Изд-во ЛГУ, 1964.
27. Розенталь М. М., Принципы диалектической логики, М., Соцэкгиз, 1960.
28. Серебрянников О. Ф., Эвристические возможности методов формальной логики. В сб.: «Некоторые вопросы методологии научного исследования», вып. I, Л., Изд-во ЛГУ, 1965.
29. Спиркин А. Г., Происхождение сознания, М., Госполитиздат, 1960.
30. Старченко А. А., Логика в судебном исследовании, М., Госюриздат, 1958.
31. Тюхтин В. С. О природе образа (психическое отражение в свете идей кибернетики), М., «Высшая школа», 1963.
32. Черкесов В. И., Материалистическая диалектика как логика и теория познания, М., Изд-во МГУ, 1962.
33. Шафф А., Введение в семантику, Изд-во иностр. лит., 1963.
34. Хасхахиш Ф. И. О познаваемости мира, М., Госполитиздат, 1950.
35. Carnap R., Introduction to semantics and formalisation of logic. Cambridge, Harvard Univ. Press, 1959.
36. Kemeny J. Q., New approach to semantics. Part I. «The journal of Symbolic Logic», v. 21, No. 1, 1956.
37. Stegmüller W., Das Wahrheitsproblem und die Idee der Semantik. Wien, Springer-Verlag, 1957.

II. Математика, математическая логика и теория алгоритмов.

Кибернетика и некоторые ее приложения

38. Адамар Ж., Элементарная геометрия, ч. I, Планиметрия, М, Учпедгиз, 1957.
39. Айзерман М. А. и др., Логика, автоматы, алгоритмы, М., Физматгиз, 1963.
40. Амосов Н. М., Кибернетика и медицина, М., «Знание», 1963.
41. Амосов Н. М. и Шкабара Е. А., Опыт постановки диагноза при помощи диагностических машин. «Экспериментальная хирургия и анестезиология», 1961, № 4.
42. Анохин П. К., Физиология и кибернетика. «Вопросы философии», 1957, № 4.
43. Артоболевский И. И. и др., Терминология основных понятий автоматики. «Труды Международной федерации по автоматическому управлению», т. 3, М., Изд-во АН СССР, 1961.
44. Артоболевский И. И., Вишневский А. А. и Быховский М. Л., Автоматическая система отыскания клинического прецедента. «Экспериментальная хирургия и анестезиология», 1962, № 3.
- 45*. Ахманова О. С. и др., О точных методах исследования языка, М., Изд-во МГУ, 1961.
46. Бабский Е. Б. и Парин В. В., Физиология, медицина и технический прогресс, М., «Наука», 1965.
47. Берг А. И., О некоторых проблемах кибернетики. «Вопросы философии», 1960, № 5.

⁴²⁶ Звездочкой отмечены работы, которые использованы автором при подготовке книги, но на которые нет ссылок в тексте.

48. Берг А. И., Кибернетика и некоторые технические проблемы управления народным хозяйством. «Вопросы философии», 1961, № 2.
49. Берг А. И., Союз математики и электроники. «Радио», 1962, № 6.
50. Берг А. И., Наука величайших возможностей. «Природа», 1962, № 7.
51. Берг А. И., Кибернетика и общественные науки. В сб.: «Методологические проблемы науки», М., «Наука», 1964.
- 52*. Беркли Э., Символическая логика и разумные машины, М., Изд-во иностр. лит., 1961.
53. Бир Ст., Кибернетика и управление производством, М., Физматгиз, 1963.
54. Бирюков Б. В., Автоматизация и общество. «Вестник истории мировой культуры», 1959, № 4.
55. Бирюков Б. В. и Спиркин А. Г., Философские проблемы кибернетики. «Вопросы философии», 1964, № 9.
56. Бирюков Б. В. и Коноплякин А. А., Математика и логика. В сб.: «Диалектический материализм и вопросы естествознания», М., Изд-во МГУ, 1964.
57. Бойко Е. И., Может ли машина мыслить? «Вопросы психологии», 1965, № 1.
58. Бонгард М. М., Моделирование процесса узнавания на цифровой вычислительной машине. «Биофизика», 1961, т. 6, вып. 2.
59. Бонгард М. М., Моделирование процесса узнавания. «Наука и жизнь», 1965, № 6.
60. Брайнес С. Н., Нейрокибернетика. В сб.: «Кибернетику — на службу коммунизму», под ред. А. И. Берга, т. 1, М., Госэнергоиздат, 1961.
61. Брайнес С. Н., Напалков А. В., Свечинский В. Б., Нейрокибернетика, М., Медгиз, 1962.
62. Бродский И. Н., Элементарное введение в символическую логику, Л., Изд-во ЛГУ, 1964.
63. Быховский М. Л., Вероятностная логика построения самообучающегося диагностического процесса на математических машинах. «Экспериментальная хирургия и анестезиология», 1962, № 1.
64. Быховский М. Л., Метод фазового интервала в проблеме диагностики. «Экспериментальная хирургия и анестезиология», 1962, № 2.
65. Быховский М. Л., Математические методы в медицине. «Математика в школе», 1963, № 5.
66. Быховский М. Л., Вишневский А. А., Харнас С. Ш., Вопросы построения диагностического процесса при помощи математических машин. «Экспериментальная хирургия и анестезиология», 1961, № 4.
- 67*. Веккер Л. М., К постановке проблемы моделирования сенсорных функций. «Вестник Ленинградского университета», 1963, № 17. Серия экономики, философии и права, вып. 3.
68. Веккер Л. М., Восприятие и основы его моделирования, Л., Изд-во ЛГУ, 1964.
69. Веников В. А., Некоторые методологические вопросы моделирования. «Вопросы философии», 1964, № 11.
70. Вентцель Е. С., Элементы теории игр, М., Физматгиз, 1959.
71. Вентцель Е. С., Введение в исследование операций, М., «Советское радио», 1964.
72. Вентцель Е. С., Теория вероятностей, М., «Наука», 1964.
73. Вильямс Дж. Д., Совершенный стратег, или Букварь по теории стратегических игр, М., «Советское радио», 1960.
74. Винер Н., Кибернетика, или управление и связь в животном и машине, М., «Советское радио», 1958.
75. Винер Н., Кибернетика и общество, М., Изд-во иностр. лит., 1958.
76. Винер Н., Наука и общество. «Вопросы философии», 1961, № 7.
77. Вишневский А. А. и др., Кибернетика в хирургии. «Экспериментальная хирургия», 1959, № 1.
78. Гаазе-Рапопорт М. Г., Автоматы и живые организмы, М., Физматгиз, 1961.
79. Гастев Ю., Массовая проблема. В кн.: «Философская энциклопедия», т. 3, М., «Советская энциклопедия», 1964.
80. Гельфанд И. М. и Цетлин М. Л., Принцип нелокального поиска в системах автоматической оптимизации. «Доклады АН СССР», т. 137, 1961, № 2.
81. Гельфанд И. М. и Цетлин М. Л., О некоторых способах управления сложными системами. «Успехи математических наук», т. 17, вып. 1, 1962.
82. Гетманова А. Д., Выражение дедуктивных умозаключений в традиционной и символической логике, под ред. Б. В. Бирюкова, Мурманск, 1962.
83. Гильберт Д. и Аккерман В., Основы теоретической логики, М., Изд-во иностр. лит., 1947.
84. Глушков В. М., Теория алгоритмов, Киев, 1961.
85. Глушков В. М., Синтез цифровых автоматов, М., Физматгиз, 1962.
86. Глушков В. М., Моделирование мыслительных процессов, «Природа», 1963, № 2.
87. Глушков В. М., Кибернетика и мышление. «Вопросы философии», 1963, № 1.
88. Глушков В. М., Грищенко Н. М., Стогний А. А., Алгоритм распознавания осмысленных предложений. В сб.: «Принципы построения самообучающихся систем», Киев, 1962.
89. Гнеденко Б. В., Курс теории вероятностей, М., Гостехиздат, 1954.
- 90*. Гнеденко Б. В., О роли математических методов в биологических исследованиях. «Вопросы философии», 1959, № 1.
91. Гнеденко Б. В., Некоторые вопросы кибернетики и статистики. В сб.: «Кибернетику — на службу коммунизму», т. 1, М., Госэнергоиздат, 1961.
92. Гнеденко Б. В. и Хинчин А. Я., Элементарное введение в теорию вероятностей, М., Физматгиз, 1961.
93. Голдман С., Теория информации, М., Изд-во иностр. лит., М., 1957.

94. Гончаренко М., Кибернетика в военном деле, М., Воениздат, 1960.
- 95*. Грандштейн И. С., Прямая и обратная теоремы, М., Физматгиз, 1959.
96. Греневский Г., Кибернетика без математики, М., «Советское радио», 1964.
- 97*. Гулин Ф. Ф., Применение электронных вычислительных машин для управления производственными процессами, М., Центр, ин-т технико-экономической информации. Обзор техники, М., 1961.
98. Гутенмахер Л. И., Электронные информационно-логические машины, М., Изд-во АН СССР, 1960.
99. Жинкин Н. И., Звуковая коммуникативная система обезьян. «Известия АПН РСФСР», вып. 113, 1960.
100. Джордж Ф., Мозг как вычислительная машина, М., Изд-во иностр. лит., 1963.
101. Жолковский А. К., Леонтьева Н. Н., Мартемьянов Ю. С., О принципиальном использовании смысла при машинном переводе. В сб.: «Машинный перевод». «Труды Института точной механики и вычислительной техники АН СССР», вып. 2, М., 1961.
102. Ивахненко А. Г., Самообучающиеся системы с положительными обратными связями, Киев, Изд-во АН УССР, 1963.
103. Калужнин Л. А., Об алгоритмизации математических задач. В сб.: «Проблемы кибернетики», вып. 2, М., 1959.
104. Калужин Л. А., Что такое математическая логика, М., «Наука», 1964.
105. Клаус Г., Введение в формальную логику, М., Изд-во иностр. лит., 1960.
106. Клаус Г., Кибернетика и философия, М., Изд-во иностр. лит., 1963.
107. Клини С. К., Введение в метаматематику, М., Изд-во иностр. лит., 1957.
108. Колбановский В. Н., О некоторых спорных вопросах кибернетики. В сб.: «Философские вопросы кибернетики», М., Соцэкгиз, 1961.
109. Колмогоров А. Н., Автоматы и жизнь. «Наука и жизнь», 1961, № 10 и 11.
110. Колмогоров А. Н., Алгоритм. БСЭ, т. 2, М., «Большая советская энциклопедия», 1950.
- 111*. Колмогоров А. Н. и Успенский В. А., К определению алгоритма. «Успехи математических наук», т. 13, вып. 4, 1958.
112. Кольман А., Что такое кибернетика. В сб.: «Философские вопросы современного естествознания», М., Соцэкгиз, 1961.
113. Копнин П. В., Понятие мышления и кибернетика. «Вопросы философии», 1961, № 2.
114. Косса П., Кибернетика, М., Изд-во иностр. лит., 1958.
115. Крайзмер Л. П., Техническая кибернетика, М., Госэнергоиздат, 1958.
116. Крайзмер Л. П., Бионика, М., Госэнергоиздат, 1962.
- 117*. Кулагина О. С., Об операторном описании алгоритмов перевода и автоматизации процесса их программирования. В сб.: «Проблемы кибернетики», вып. 2, М., Физматгиз, 1959.
118. Ледли Р. С. и Ластед Л. Б., Объективные основания диагноза. «Кибернетический сборник», № 2, М., Изд-во иностр. лит., 1961.
119. Ли Яо-цзу, Вандервельде У. И., Теория нелинейных самонастраивающихся систем. «Труды Международной федерации по автоматическому управлению», т. 2, М., Изд-во АН СССР, 1961.
120. Ляпунов А. А., О некоторых общих вопросах кибернетики. В сб.: «Проблемы кибернетики», вып. 1, М., Физматгиз, 1958.
121. Ляпунов А. А. и Китов А. И., Кибернетика в технике и экономике. «Вопросы философии», 1961, № 9.
122. Ляпунов А. А. и Шестопап Г. А., Об алгоритмическом описании процессов управления. «Математическое просвещение», 1957, № 2.
123. Ляпунов А. А. и Яблонский С. В., Теоретические проблемы кибернетики. В сб.: «Проблемы кибернетики», вып. 9, М., Физматгиз, 1963.
124. Льюс Р. Д. и Райфа Х., Игры и решения, М., Изд-во иностр. лит., 1961.
- 125*. Малиновский Б. Н., Цифровые управляющие машины и автоматизация производства, М., Машгиз, 1963.
126. Марков А. А., Невозможность некоторых алгорифмов в теории ассоциативных систем». «Доклады АН СССР», LV, № 7, 1947.
127. Марков А. А., Теория алгорифмов. «Труды Математического института им. В. А. Стеклова», т. 42, М., Изд-во АН СССР, 1954.
- 128*. Мельчук И. А., О стандартных операторах для алгоритма автоматического анализа русского научного текста. В сб.: «Машинный перевод». «Труды института точной механики и вычислительной техники», вып. 2, М., 1961.
- 129*. Мельчук И. А., О стандартной форме и количественных характеристиках некоторых лингвистических описаний. «Вопросы языкознания», 1963, № 1.
130. Микучич Л. И., Некоторые вопросы машинной эвристики (обзор). «Зарубежная радиоэлектроника», 1964, № 10, 11.
131. Минский М., На пути к искусственному интеллекту. См. в русском переводе журнала «Труды института радиоинженеров», 1961, т. 49, № 1.
132. Моисеев В. Д., Вопросы кибернетики в биологии и медицине, М., Медгиз, 1960.
133. Морс Ф., Кимбелл Дж., Методы исследования операций, М., «Советское радио», 1956.
134. Напалков А. В., Изучение принципов переработки информации головным мозгом. В сб.: «Кибернетику — на службу коммунизму», под ред. А. И. Берга, т. I, М., Госэнергоиздат, 1961.

135. Напалков А. В., Орфеев Ю. В., Актуальные вопросы развития эвристического программирования. «Вопросы философии», 1965, № 6.
136. Нейман Дж., Вычислительная машина в мозг. «Кибернетический сборник», вып. 1, М., Изд-во иностр. лит., 1960.
137. Новик И. Б., Кибернетика. Философские и социологические проблемы, М., Госполитиздат, 1963.
138. Новиков П. С., Об алгоритмической неразрешимости проблемы тождества слов в теории групп. «Труды Математического института им. В. А. Стеклова», т. 44, М., Изд-во АН СССР, 1955.
139. Новиков П. С., Элементы математической логики, М., Физматгиз, 1959.
140. Ньюэлл А., Саймон Г., Моделирование человеческого мышления на вычислительной машине. В сб.: «Кибернетика и живой организм», Киев, «Наукова думка», 1964.
141. Ньюэлл А., Шоу Д., Саймон Г., Разновидность интеллектуального обучения «вычислителя для решения задач общего типа». В сб.: «Самоорганизующиеся системы», М., «Мир», 1964.
142. Орлов В. Б., О моделировании шахматной игры на электронных цифровых машинах. В кн.: «О некоторых вопросах современной математики и кибернетики», М., «Просвещение», 1965.
143. Парин В. В., Кибернетика в физиологии и медицине. «Вопросы философии», 1961, № 10.
144. Парин В. В., Математика жизни. «Природа», 1962, № 7.
145. Полетаев И. А., Сигнал, М., «Советское радио», 1958.
146. Пушкин В. Н., Некоторые вопросы психологии управления производственным процессом на железнодорожном транспорте. «Вопросы психологии», 1959, № 3.
147. Пушкин В. Н., К пониманию эвристической деятельности в кибернетике и психологии. «Вопросы психологии», 1965, № 1.
148. Пушкин В. Н., Оперативное мышление в больших системах, М., «Энергия», 1965.
- 149*. Ревзин И. И. и Розенцвейг В. Ю., Основы общего и машинного перевода, М., «Высшая школа», 1964.
150. Рейтман В. Р., Разработка программ для решения интеллектуальных проблем. «Зарубежная радиоэлектроника», 1962, № 1.
151. Ровенский З., Уемов А., Уемова Е., Машина и мысль, М., Госполитиздат, 1960.
152. Розанов Ю. А., Теория вероятностей и ее приложения. В сб.: «О некоторых вопросах современной математики и кибернетики», М., «Просвещение», 1965.
153. Сифоров В. И., Общие тенденции развития современного естествознания. «Вопросы философии», 1963, № 4.
154. Смирнов В. А., Алгоритмы и логические схемы алгоритмов. В сб.: «Проблемы логики», М., Изд-во АН СССР, 1963.
155. Соболев С. Л., Китов А. И., Ляпунов А. А., Основные черты кибернетики. «Вопросы философии», 1955, № 4.
156. Соболев С. Л., Ляпунов А. А., Кибернетика и естествознание. «Вопросы философии», 1958, № 5.
157. Соколовский Ю. И., Кибернетика настоящего и будущего, Харьков, Книжное изд-во 1959.
158. Солодовников В. В., Некоторые черты кибернетики, М., «Знание», 1956.
159. Столяр А. А., Элементарное введение в математическую логику, М., «Просвещение», 1965.
- 160*. Тарский А., Введение в логику и методологию дедуктивных наук, М., Изд-во иностр. лит., 1958.
161. Трапезников В. А., Автоматика и человечество. Доклад на пленарном заседании конгресса. «Труды I Международного конгресса Международной федерации по автоматическому управлению», т. 1, М., Изд-во АН СССР, 1960.
162. Теплов Л. П., Очерки по кибернетике, М., «Московский рабочий», 1963.
163. Трахтенброт Б. А., Алгоритмы и машинное решение задач, М., Гостехиздат, 1957.
164. Тьюринг А., Может ли машина мыслить?, М., Физматгиз, 1960.
165. Успенский В. А., Лекции о вычислимых функциях, М., Физматгиз, 1960.
166. Успенский В. А., Алгоритм. В кн.: «Философская энциклопедия», т. 1, М., «Советская энциклопедия», 1960.
167. Фельдбаум А. А., О применении вычислительных устройств в автоматических системах. «Автоматика и телемеханика», 1956, № 11.
168. Фельдбаум А. А., Автоматический оптимизатор. «Автоматика и телемеханика», 1958, № 8.
169. Фельдбаум А. А., Выступление на I Международном конгрессе Международной федерации по автоматическому управлению. «Труды I Международного конгресса Международной федерации по автоматическому управлению», т. 3, М., Изд-во АН СССР, 1961.
170. Фельдбаум А. А., Основы теории оптимальных автоматических систем, М., Физматгиз, 1963.
171. «Философские вопросы кибернетики», М., Соцэкгиз, 1961.
172. Харкевич А. А., О ценности информации. В сб.: «Проблемы кибернетики», вып. 4, М., Физматгиз, 1961.
173. Чавчанидзе В. В., Торонджадзе А. Ф., Букреев И. Н., Кибернетика как наука. «Труды Института кибернетики АН Груз. ССР», Тбилиси, Изд-во АН ГрузССР, 1963.
- 174*. Чернов Г., Мозес Л., Элементарная теория статистических решений, М., «Советское радио», 1962.
175. Черч А., Введение в математическую логику, т. 1, М., Изд-во иностр. лит., 1960.
176. Чичинадзе В. К., О некоторых вопросах построения самонастраивающихся и самообучающихся систем автоматического управления, основанных на принципах случайного поиска. «Труды I Международного конгресса Международной федерации по автоматическому управлению», т. 2, М., Изд-во АН СССР, 1961.
177. Шалютин С. М., Алгоритмы и возможности кибернетики. «Вопросы философии», 1962, № 6.
178. Штофф В. А., Роль моделей в познании, Л., Изд-во ЛГУ, 1963.

179. Эшби У. Р., Введение в кибернетику, М., Изд-во иностр. лит., 1959.
180. Эшби У. Р., Конструкция мозга, М., «Мир», 1964.
181. Яглом А. М. и Яглом И. М., Вероятность и информация, М., Физматгиз, 1960.
182. Яглом И. М., Кибернетика и теория информации. В сб.: «О некоторых вопросах современной математики и кибернетики», М., «Просвещение», 1965.
183. Яблонский СВ., Основные понятия кибернетики. В сб. «Проблемы кибернетики», вып. 2, М., Физматгиз, 1959.
184. Яновская С. А., Исчисление. В кн.: «Философская энциклопедия», т. II, М., «Советская энциклопедия», 1962.
- 185*. Яновская С. А., О философских вопросах математической логики. В сб.: «Проблемы логики», М., Изд-во АН СССР, 1963.
186. Church A., An unsolvable problem of elementary number theory. «American journal of Mathematics», v. 58, 1936.
187. Gelernter H. L., Realisation of a geometry theorem proving machine. «Proc. Intern. Conf. on Information Processing» UNESCO, Paris 1960.
188. Gelernter H. L., Rochester N., Intelligent behavior in problem-solving machines. «IBM journal», October, 1958.
189. Gödel K., Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme. I. «Monatshefte für Mathematik und Physik» 1931, Bd. 38.
190. Kletsky E. J., An application of the information theory approach to failure diagnosis. «IRE Trans.» 1960, Dec, PRQC—9, No. 3. Русский перевод: «Зарубежная радиоэлектроника», 1961, № 9.
191. Minsky M. L., Some methods of artificial intelligence and heuristic programming. In: «Mechanisation of Thought Processes», vol I, London, 1959.
192. Newell A., Shaw J. C., Elements of a theory of human problem solving. «Psychological Review», v. 65, No. 3, 1958.
193. Newell A., Shaw J. and Simon H. A., Report on a general problem-solving program. «Proc. Intern. Conf. on Information Processing». UNESCO, Paris, 1960.
194. Paycha F., Medical diagnosis and cybernetics. In: «Mechanisation of Thought Processes», vol. II, London, 1959.
195. Post E. L., Recursive unsolvability of a problem of Thue. «The journal of Symbolic Logic», v. 12, 1947.
196. Stachowiak H., Denken und Erkennen im Problemfeld der Kybernetik. Wien, Springer-Verlag, 1964.
197. Steinbuch K., Lernende Automaten. «Elektronische Rechenanlagen», Bd. I, H. 4 und 5, 1959.
198. Steinbuch K., Automat und Mensch. Berlin (Göttingen), Heidelberg, 1961.
- 199*. Thiele H., «Klassische» und «moderne» Algorithmen-Begriffe. In: «Mathematische und physikalisch-technische Probleme der Kybernetik» Berlin, 1963.
200. Turing A. M., On computable numbers with an application to the Entscheidungsproblem. «Proceedings of the London Mathematical Society» Ser. 2, v. 42, 1936.
201. Zemanek H., Automaten und Denkprozesse. Braunschweig, 1962.

III. Применение кибернетики и логики в педагогике.

Программированное обучение и обучающие машины. Алгоритмы в обучении

- 202*. Александров Г. Н., Разумно сочетать новое с традиционным. «Вестник высшей школы», 1964, № 4.
- 283*. Александров Г. Н., О некоторых вопросах программированного обучения. В сб.: «Программированное обучение», Куйбышев, изд. Куйбышевского ин-та усовершенствования учителей, 1965.
- 204*. Александров Н. В., Проблемы программированного обучения. «Советская педагогика», 1965, № 6.
- 205*. Алексеев М. Н., Логика и педагогика, М., «Знание», 1965. 296. Алексеев Н. Г., Правомерен ли «алгоритмический» подход к анализу процессов обучения. «Вопросы психологии», 1963, № 3.
- 207*. Алексеев О. Г., Использование обучающих машин при обучении слепых учащихся. Свердловск, изд. свердловской тифлотехн. лаборатории НИИ дефектологии АПН РСФСР, 1964.
208. Артемов В. А., Кибернетика, теория коммуникации и школа. «Советская педагогика», 1962, № 1.
- 209*. Артемов В. А., Об обучающих машинах и программированном обучении иностранным языкам. «Иностранные языки в школе», 1962, № 6.
- 210*. Архангельский С. И., Новая техника в учебном процессе. «Вестник высшей школы», 1962, № 8.
211. Атутов П. Р., О применении кибернетики в педагогике. «Советская педагогика», 1962, № 9.
212. Балл Г. А. Критерии целесообразности технического усложнения обучающих машин. «Радянська школа», 1964, № 12 (на укр. яз.).
- 213*. Балл Г. А., Довгялло А. М., Машбиц Е. И., Теоретический анализ обучающих программ. Сообщение I. В сб.: «Новые исследования в педагогических науках», вып. IV, М., «Просвещение», 1965.
214. Белопольская А. Р., Опыт применения обучающих алгоритмов. «Вестник высшей школы», 1963, № 6.
215. Белопольская А. Р. и Крылова В. А., Сначала — алгоритмы, потом машина (Опыт программированного обучения иностранным языкам в Ленинградском гос. ун-те им. А. А. Жданова). «Вестник высшей школы», 1964, № 8.
216. Белопольская А. Р. и Ланда Л. Н., Об использовании кино в обучении технике перевода. В кн.: «Применение технических средств и программированного обучения в средней и высшей школе», т. II, М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
- 217*. Берг А. И., Кибернетика — наука об оптимальном управлении, М.—Л., «Энергия», 1964.
- 218*. Берг А. И., Кибернетика и общественные науки. «Материалы сессии общего собрания АН СССР, 19—20

октября 1962 г.», М., Изд-во АН СССР, 1963.

219*. Берг А. И., Вооружать кадры передовой наукой (О программированном обучении). В кн.: «Автоматизация сегодня и завтра», М., «Знание», 1963.

220*. Беспалько В. П., Что такое программированное обучение. «Народное образование», 1963, № 5.

221*. Беспалько В. П., Проблематика и материалы к исследовательской работе по программированному обучению (Материал к IV Всероссийской конференции по программированному обучению и применению технических средств), М., изд. Педагогического о-ва РСФСР, 1965.

222*. Бирилко Ю. И. и Сабурова Г. Г., Реализация некоторых психологических принципов в обучающих машинах в США. «Вопросы психологии», 1962, № 4.

223. Власенков А. И., Материалы к исследованию по теме «Использование алгоритмов в обучении орфографии», М., «Просвещение», 1965.

224*. Власенков А. И., Формирование орфографических навыков с использованием алгоритмов обучения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата пед. наук, М., 1965.

225*. Володин Н. В., В защиту выборочной системы ввода ответов. «Вестник высшей школы», 1964, № 5.

226*. Володин Н. В. Программированное обучение иностранным языкам (методические указания), М., «Высшая школа», 1965.

227*. «Вопросы теории и практики оптимально управляемого (программированного) обучения», под ред. М. Г. Ярошевского и Л. М. Фридмана, Душанбе, 1963.

228*. Гальперин П. Я., Программированное обучение и задачи коренного усовершенствования методов обучения. В сб.: «Программированное обучение. Методические указания», изд. Учебно-методического кабинета по среднему специальному образованию Министерства высшего и среднего специального образования РСФСР, М., 1964.

229*. Гальперин П. Я., О психологических основах программированного обучения. В сб.: «Новые исследования в педагогических науках», вып. IV, М., «Просвещение», 1965.

230*. Гальперин П. Я., Решетова З. А., Программированное обучение производственным навыкам. «Известия АПН РСФСР», вып. 133, 1964.

231. Гастев Ю. А., О методических вопросах рационализации обучения. В сб.: «Кибернетика, мышление, жизнь», М., «Мысль», 1964.

232*. Глушкин В. М., Зильберг Л. И., Применение кибернетических устройств в процессе обучения. «Иностранные языки в школе», 1964, № 6.

233. Глушков В. М., Кибернетика и педагогика. «Наука и жизнь», 1964, № 2.

234. Глушков В. М., О некоторых перспективах развития и применения обучающих машин. «Известия высших учебных заведений». «Радиотехника», 1963, т. 6, № 4.

235*. Глушков В. М., Довгялло М. А., Семин В. П., Ющенко Е. Л., К вопросу о программированном обучении программированию на ЭВМ, Киев, 1963 (Киевский дом научно-техн. пропаганды).

236*. Гнеденко Б. В., О программированном обучении. «Морской сборник», 1963, № 9.

237*. Гнеденко Б. В., Символ прогрессивных идей и методов в педагогике. «Вестник высшей школы», 1965, № 5.

238. Голодняк А. Т. и Морозов М. Б., Программированное обучение и обучающие машины, Киев, «Радянська школа», 1964.

239*. Гохлернер М. М., Ейгер Г. В., Определение грамматических моделей оптимального ритма при программированном обучении иностранному языку. В сб.: «Тезисы докладов зональной отчетно-научной конференции по педагогике и психологии», Харьков, 1964 (на укр. яз.).

240. Граник Г. Г., Приемы работы по различению частиц «не» и «ни». «Русский язык в школе», 1964, № 1.

241. Гранин Г. Г., Формирование у школьников приемов умственной работы в процессе выработки орфографического навыка. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук (по психологии), М., 1965.

242. Гребень И. И. и Довгялло А. М., Автоматические устройства для обучения (обучающие машины), Киев, Изд-во Киевского ун-та, 1965.

243*. Довгялло А. М., Классификация и принципы построения обучающих машин, Киев, 1963 (Киевский дом научно-техн. пропаганды).

244*. Дорошкевич А. М., Первые результаты работы с программированным учебником. «Вестник высшей школы», 1963, № 8.

245*. Дорошкевич А. М., Средства программированного обучения (Методическое пособие для преподавателей техникумов), М., изд. Учебно-методического кабинета Мосгорсовнархоза, 1965.

246*. Зайчик М. Ю., Программированная лабораторная работа с самоконтролем действия учащегося, «Известия АПН РСФСР», вып. 128, 1963.

247*. Зализняк А. А., Опыт обучения англо-русскому переводу с помощью алгоритма. «Питання прикладної лінгвістики. Тезі доповідей міжвузівської наукової конференції», Чернівці, 1960.

248*. Зиновьев С. И., О некоторых педагогических проблемах программированного обучения. «Вестник высшей школы», 1963, № 12.

249. Иванов А. А., Применение обучающих машин, Киев, «Наукова думка», 1964.

250*. Ильина Т. А., О педагогических основах программированного обучения. «Советская педагогика», 1963, № 8.

- 251*. Ильина Т. А., О теории и практике программированного обучения. «Советская педагогика», 1964, № 1.
- 252*. Ильина Т. А. и Огородников И. Т., Организация экспериментальной проверки методики программированного обучения. Консультация. «Советская педагогика», 1965, № 2.
- 253*. Исаев Л. Н., Педагогическая эффективность программированного обучения (Из опыта экспериментальной работы). «Советская педагогика», 1963, № 11.
- 254*. Исаев Л. Н., Опыт программированного обучения русскому языку. Сообщение I. В сб.: «Новые исследования в педагогических науках», вып. IV, М., «Просвещение», 1965.
- 255*. «Использование технических средств в учебном процессе. Материалы педагогических исследований», под ред. Н. М. Шахмаева, М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
256. Ительсон Л. Б., Об использовании математических и кибернетических методов в педагогических исследованиях. «Советская педагогика», 1962, № 4.
257. Ительсон Л. Б., О некоторых проблемах теории программированного обучения. «Советская педагогика», 1963, № 9.
258. Ительсон Л. Б., Математические и кибернетические методы в педагогике, М., «Просвещение», 1964.
259. Ительсон Л. Б., Математические методы в педагогике и педагогической психологии. Диссертация на соискание ученой степени доктора пед. наук (по психологии), М., 1965.
- 260*. Ительсон Л. Б., Креймер А. Я., О сравнительной эффективности различных структур изложения учебного материала. «Советская педагогика», 1965, № 4.
- 261*. Каримов Х. К., Ярошевский М. Г., Некоторые психологические вопросы программирования учебного материала для обучения второму языку. В сб.: «Вопросы теории и практики оптимально управляемого (программированного) обучения», под ред. М. Г. Ярошевского и Л. М. Фридмана, Душанбе, 1963.
262. Керимов Д. А., О кибернетико-программированном обучении в правоведении. «Вестник Ленинградского университета». Серия экономики, философии и права, 1962, № 23, вып. 4.
- 263*. Кейльман Э. И., Опыт изложения темы «Логарифмы» из курса алгебры средней школы для программированного обучения (предварительное сообщение). В сб. «Вопросы теории и практики оптимально управляемого (программированного) обучения», под ред. М. Г. Ярошевского и Л. М. Фридмана, Душанбе, 1963.
- 264*. Климов Е., Четыре задачи программированного обучения, Казань, Изд-во Казанского ун-та, 1965.
- 265*. Костюк Г. С., О психологических основах программирования обучения. «Радянська школа», 1964, №5 (на укр. яз.).
- 266*. Костюк Г. С., Менчинская Н. А., Смирнов А. А., Актуальные задачи школы и проблемы психологии обучения. «Вопросы психологии», 1963, № 5.
- 267*. Кулик В. Т., Групповые занятия с применением программированных текстов. «Вестник высшей школы», 1963, № 7.
- 268*. Кушелев Ю. Н., Машина приходит на помощь преподавателю. «Вестник высшей школы», 1963, № 1.
269. Кушелев Ю. Н., Ланда Л. Н., Усков В. Г., Шеншев Л. В., Обучающая машина с исследовательскими функциями. В кн.: «Применение технических средств и программированного обучения в средней, специальной и высшей школе», под ред. В. М. Таранова, М., «Советское радио», 1965.
- 270*. Ладанов И. Д., Программированное обучение и бихевиоризм. «Советская педагогика», 1964, № 7.
271. Ланда Л. Н., Обучение учащихся общим методам мышления и проблема алгоритмов. «Вопросы психологии», 1961, № 1.
272. Ланда Л. Н., Опыт применения математической логики и теории информации к некоторым проблемам обучения. «Вопросы психологии», 1962, № 2.
273. Ланда Л. Н., Кибернетика и педагогика. «Наука и жизнь», 1962, № 3.
274. Ланда Л. Н., О кибернетическом подходе к теории обучения. «Вопросы философии», 1962, № 9.
- 275*. Ланда Л. Н., К вопросу о математических методах построения и оценки алгоритмов распознавания. Сообщение 1 и 2. «Известия АПН РСФСР», вып. 129, 1963.
276. Ланда Л. Н., Алгоритмический подход к анализу процессов обучения правомерен. «Вопросы психологии», 1963, № 4.
277. Ланда Л. Н., Логическое моделирование мыслительных процессов как метод их исследования. «Тезисы докладов на II съезде Общества психологов», вып. 5. М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
278. Ланда Л. Н., Алгоритмы и программированное обучение. Некоторые вопросы теории и методики программирования. (Материал к IV Всероссийской конференции по программированному обучению к применению технических средств), изд. Педагогического о-ва РСФСР, М., 1965.
279. Ланда Л. Н. и Хлебников С. П., Учебное устройство «Репетитор-1». В сб.: «Использование технических средств в учебном процессе». «Известия АПН РСФСР», вып. 128, 1963.
- 280*. Ланда Л. Н., Орлова А. М., Граник Г. Г., Некоторые принципы программированного обучения русскому языку. «Русский язык в школе», 1965, № 3, 4, 5.
- 281*. Лебедев П. Д., Эта проблема нуждается в глубоком изучении. «Вестник высшей школы», 1963, № 3.
- 282*. Леонтьев А. Н., Гальперин П. Я., Теория усвоения знаний и программированное обучение. «Советская педагогика», 1964, № 10.
- 283*. Леонтьев Л. Н., Гальперин П. Я., Психологические проблемы программированного обучения. «Известия АПН РСФСР», вып. 138, 1965.
- 284*. Малирж Ф. (гл. ред.), Циха В., Елинек С, Пурм Р., Методика преподавания русского языка в 6—9-м классах

- чехословацкой основной девятилетней школы, Прага, Государственное педагогическое изд-во, 1965.
- 285*. Маслова Г. Г., О программированном обучении математике, М., «Просвещение», 1964.
- 286*. Макарова Г. И., В чем сущность нового метода? «Вестник высшей школы», 1964, № 12.
- 287*. Макарова Г. И., О возможностях перехода на программированное обучение на кафедрах русского языка, работающих со студентами-иностранцами. В кн.: «Программированное обучение в техническом вузе», Киев, Изд-во Киевского ун-та, 1965.
- 288*. Машбиц Е. И., Исследование сравнительной эффективности конструктивных и выборочных ответов. «Радянська школа», 1965, № 5 (на укр. яз.).
- 289*. Машбиц Е. И., Бондаровская В. М., Основные направления программированного обучения за рубежом. «Радянська школа», 1963, №9. (на укр. яз.).
- 290*. Матюшкин А. М., Сопоставление линейной и разветвленной систем программированного обучения. «Известия АПН РСФСР», вып. 133, 1964.
- 291*. Матюшкин А. М., Об одном эффекте обучения при некоторых типах разветвлений в программированных учебных материалах. «Известия АПН РСФСР», вып. 138, 1965.
292. Нетушил А. В., Кушелев Ю. Н., Усков В. Г., Буденый И. П., Свиридов А. П., Автоматические устройства для контроля текущей успеваемости студентов. «Известия высших учебных заведений», Радиотехника, т. VI, № 4, 1963.
293. «Обучающие машины Свердловского педагогического института и их применение», под ред. Д. И. Пеннера. Свердловск, Средне-Уральское книжное изд-во, 1965.
- 294*. Овчинников А. А. и Пушинский В. С., Применение методов логических диаграмм в планировании и организации учебного процесса. «Известия АН СССР». Техническая кибернетика, 1964, № 3.
295. Ожогин В. Я., Денисов А. Е., Обучающие машины. Методические основы построения логических схем. Метод, пособие для общетехн. фак-тов, Киев, 1964.
- 296*. Орлова А. М., Опыт составления программированных материалов по курсу русского языка. В сб.: «Новые исследования в педагогических науках», вып. IV, М., «Просвещение», 1965.
- 297*. Пеннер Д. И., Комский Д. М., Колпаков М. Ф., Программированное обучение в учебных заведениях Свердловской области. «Советская педагогика», 1965, № 1.
- 298*. Платонов К. К., Психологические вопросы теории тренажеров. «Вопросы психологии», 1961, № 4.
- 299*. «Применение технических средств и программированного обучения в средней и высшей школе». Материалы 1-й Всесоюзной, 2-й и 3-й Всероссийских конференций, т. 1—2, М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
- 300*. «Применение технических средств и программированного обучения в средней, специальной и высшей школе, под ред. В. М. Таранова». М., «Советское радио», 1965.
- 301*. «Программированное обучение и кибернетические обучающие машины», под ред. А. И. Шестакова, М., «Советское Радио», 1963.
- 302*. «Программированное обучение в школе», под ред. И. Т. Огородникова. «Ученые записки Московского государственного педагогического института им. В. И. Ленина», вып. 228, 1964.
- 303*. «Программированное обучение в техническом вузе», под ред. Ю. Ф. Чубука, Киев, Изд-во Киевского ун-та, 1965.
- 304*. «Программированное обучение». Сб. статей (из опыта работы), под ред. Г. Н. Александрова, Куйбышев, изд. Куйбышевского ин-та усовершенствования учителей, 1965.
- 305*. Протасова Г. Н., Шеншев Л. В., О различном понимании программированного обучения иностранным языкам. «Известия АПН РСФСР», вып. 138, 1965.
306. Прокофьев А. В., Программированное обучение. Программированные учебники. Машины для обучения, М., Воениздат, 1965.
- 307*. Ракитянская З. И., Обучение лексике на основе программированного пособия. «Иностранные языки в школе», 1964, № 4.
- 308*. Регельсон Л. М., Матричный контроль усвоения курса. «Вестник высшей школы», 1964, № I.
309. Редько В.Н. и Ющенко Е. Л., К вопросу классификации и минимизации логических граф-схем обучения, Киев, Изд-во о-ва «Знание» УССР, 1965.
- 310*. Решетова З. А., Управление процессом формирования производственных умений и его программирование. В сб.: «Программированное обучение. Методические указания», изд. Учебно-методического кабинета по среднему специальному образованию Министерства высшего и среднего специального образования РСФСР, М., 1964.
311. Решетова З. А., Программированное обучение производственным навыкам. Сообщение II. «Известия АПН РСФСР», вып. 138, 1965.
312. Решетова З. А. и Калошина И. П., Программированное обучение производственным навыкам. Сообщение III. «Новые исследования в педагогических науках», вып. IV, М., «Просвещение», 1965.
- 313*. Рогова Г. В., Организация приема информации. «Иностранные языки в школе», 1964, № 4.
314. Розенберг М. И., Использовать достижения кибернетики в научно-педагогических исследованиях и школьной практике. «Советская педагогика», 1962, № 6.
- 315*. Розенберг Н. М., Обучение алгоритмам умственных и практических действий. «Советская педагогика», 1965, № 8.
- 316*. Ростунов Т. И., Сущность программированного метода обучения. В кн.: «Программированное обучение и

- кибернетические обучающие машины», М., «Советское радио», 1963.
317. Ростунов Т. И., Обучающий комплекс. В кн.: «Автоматизация производства и промышленная электроника», т. 2, М., 1963 («Энциклопедия современной техники»).
318. Ростунов Т. И., Соколинский И. Я., Классификация, требования и принципы построения простейших обучающих машин. «Известия высших учебных заведений», Радиотехника, т. VI, № 4, 1963.
- 319*. Ряховский Г. Д., Метод составления программированных материалов. «Радянська школа», 1964, № 2 (на укр. яз.).
- 320*. Самарин Ю. А., Эсаулов А. Ф., Психологический аспект программированного обучения. В сб.: «Материалы по программированному обучению», Л., 1964.
- 321*. Санковский Е. А., Сокращая время и контроль на консультации. «Вестник высшей школы», 1963, № 1.
- 322*. Смирнов А. А., Методика программированного обучения. «Среднее специальное образование», 1964, № 9.
- 323*. Соловьева Е. Е., Опыт применения машинной техники в педагогическом исследовании. «Советская педагогика», 1962, № 8.
324. Соловьева Е. Е., О кибернетическом подходе к исследованию проблем использования технических средств обучения. «Известия АПН РСФСР», вып. 128, 1963.
- 325*. Сидельковский А. П., Алгоритмический подход к анализу процессов обучения правомерен. «Вопросы психологии», 1964, № 5.
- 326*. Столяр А. А., Логические проблемы преподавания математики, Минек, «Высшая школа», 1965.
- 327*. Талызина Н. Ф., Актуальные проблемы программированного обучения. «Радянська школа», 1963, № 9 (на укр. яз.).
328. Талызина Н. Ф., Программирование дисциплин математического цикла. В сб.: «Программированное обучение. Методические указания», изд. Учебно-методического кабинета по среднему специальному образованию Министерства среднего и специального образования РСФСР, М., 1964.
- 329*. Таранов В. М. Может ли машина учить? В сб.: «Может ли машина учить?», под ред. В. М. Таранова, Горький, 1963.
- 330*. Терский Л. Н., Опыт программированного обучения. «Советская педагогика», 1964, № 10.
331. Тихонов И. И., Как классифицировать технические средства при программированном обучении. «Вестник высшей школы», 1964, № 10.
- 332*. Тихонов И. И., Опыт организации экспериментальных программированных занятий. «Советская педагогика», 1965, № 6.
- 333*. Трубецкой М. Н., Опыт использования программированных карт в обучении. «Советская педагогика», 1965, № 9.
- 334*. Трубецкой М. Н., Колмогорцев Г. Г., Некоторые простейшие средства программированного обучения. Пособие для учителей, Красноярск, Книжное изд-во, 1964.
- 335*. Туманова Е. И., Диагностика питания растений по их внешнему виду. «Школа и производство», 1965, № 1.
336. Фарбер В. Г., О логических средствах школьной грамматики. В сб.: «Логико-грамматические очерки», М., «Высшая школа», 1961.
- Фарбер В. Г., К разработке упрощенной пунктуации. «Русский язык в школе», 1963, № 4.
338. Фарбер В. Г., Об одном подходе к совершенствованию школьной грамматики. «Русский язык в национальной школе», 1963, № 6.
- 339*. Федоров П. А., Распознавание основных минеральных удобрений. «Школа и производство», 1965, № 3.
- 340*. Фрейдзон И. Р., Газиев А. А., Применение программированного метода обучения при подготовке специалистов флота. «Морской сборник», 1963, № 12.
341. Фридман Л. М., Учебные алгоритмы распознавания. «Известия АПН РСФСР», вып. 129, 1963.
342. Фридман Л. М., Логико-математическая модель распознавания в учебной деятельности. В сб.: «Вопросы теории и практики оптимально управляемого (программированного) обучения», под ред. М. Г. Ярошевского и Л. М. Фридмана, Душанбе, 1963.
343. Харьковский З. С., О роли обучающих машин в учебном: процессе при программированном обучении. «Советская педагогика», 1965, № 3.
344. Ченцов А. А., Способы отыскания рациональных алгоритмов для выполнения практических работ. «Советская педагогика», 1965, № 3.
- 345*. Чиликин М. Г., Основные задачи программированного обучения. В сб.: «Программированное обучение и кибернетические обучающие машины», М., изд. Московского энергетического ин-та, 1963.
- 346*. Чубук Ю. Ф., Изучать педагогическую и психологическую сторону нового метода. «Вестник высшей школы», 1964, № 3.
- 347*. Шаповаленко С. Г., О программированном обучении химии. «Химия в школе», 1963, № 5.
- 348*. Шаповаленко С. Г., Теоретические проблемы программированного обучения, М., изд. Московского гос. пед. ин-та им. В. И. Ленина, 1965.
349. Шахмаев Н. М., Некоторые проблемы, связанные с использованием новых технических средств В-обучении. «Известия АПН РСФСР», вып. 128, 1963.
350. Шахмаев Н. М., Использование технических средств в преподавании физики, М., «Просвещение», 1964.
351. Шеншев Л. В., Об использовании магнитофона в качестве обучающей машины. «Известия АПН РСФСР», вып. 133, 1964.

352. Шеншев Л. В., К вопросу о роли и месте обучающих машин в системе программированного обучения (Материалы к IV Всероссийской конференции по программированному обучению и применению технических средств), М., изд. Педагогического о-ва РСФСР, 1965.
353. Шеншев Л. В., О реализации принципов программированного обучения в преподавании иностранных языков и о некоторых обучающих устройствах. В сб.: «Применение технических средств и программированного обучения в средней школе», Новосибирск, изд. Педагогического о-ва РСФСР, 1965.
354. Шестаков А. И., Опыт применения обучающих машин в США» «Советская педагогика», 1962, №12.
355. Эрдниев П. М., Кибернетические понятия и проблемы дидактики. «Советская педагогика», 1963, № 11.
356. Abel H., Lehrmaschinen und programmierter Unterricht. «Berufspädagogische Zeitschrift», 1964, Heft 6.
357. Annet J., Kay H. and Sime M., Teaching machines. «Discovery», May, 1961.
358. Auswick K., Teaching machines and programming. Oxford, Pergamon Press, 1964.
- 359*. Bakovljević M., Suština programirane nastave i pitanje potrebe i mogućnosti njenog proučavanja kod nas. «Pedagogija», 1964, No. 3. Резюме на русск. яз.
- 360*. Beeher K. E., Programme und Programmieren. «Berufspädagogische Zeitschrift», 1964, Heft 6.
- 361*. Becker J. L., A programmed guide to writing autoinstructional programs. N. Y. 1963.
- 362*. Bera M. A., Programmatique. «L'Education Nationale», 1964, No. 37.
- 363*. Besset J., Metais C, L'automatisme dans l'enseignement. «Automatisme», No. 4, avril 1964.
- 364*. Biancheri A., Qu'est-ce que l'enseignement programmé? «La Pédagogie Cybernétique», vol. 2, No. 2, juill. 1964.
365. Bitzer D. and Braunfeld P., Computer teaching machine project: Plato on Illiac. «Computers and Automation», v. XI, No. 2, 1962.
366. Blyth J. W., La machine a enseigner et l'être humain. In: «Ou en est l'enseignement audio-visuel». «Coll. Etudes et Documents d'Education», No. 50, 1963, Paris, UNESCO.
- 367*. Bock H. und Walsch W., Über die Erarbeitung von Unterrichtsalgorithmien. «Berufsbildung», 1963, No. 12.
368. Braunfeld P. G., Problems and prospects of teaching with a computer. «Journal of educational psychology», 1964, No. 4.
369. Briggs L. J., Teaching machines for training of military personell in maintenance of electronic equipment. In: E. Galanter, «Automatic teaching: the state of the art», N. Y., 1959.
- 370*. Bunesco V., Beldescu G., Ionescu-Miciora E., Popescu S., Instruirea programată și posibilitatile ei de aplicare in scoala noastra. «Revista de pedagogie», 1964, No. 5. Резюме на русск. яз.
371. Bushnell D., Computers in the classroom. «Data Processing», vol. 4, No. 4, 1962.
372. Bushnell D. D., Computers in education. «Computers and automation», vol. 12, No. 3, 1963.
373. Canac H., L'educateur devant la machine. «L'Education Nationale», 1965, No. 15—16.
374. Carpenter F. and Hutchcroft R., For more effective learning, use teaching machines in industrial education. «School shop», vol. 21, No. 5, 1962.
375. Clauß G., Zur Anwendung der Informationstheorie auf lernpsychologische Probleme. «Pädagogik», 1965, No. 1.
376. Clauß G., Zur Handlungsanalyse durch Algorithmen und ihre Anwendung im Unterricht. «Pädagogik», 1965, No.4.
377. Clauß G., Denkpsychologie und Kybernetik. «Berufsbildung», 1963, No. 5.
378. Cogniot G., L'enseignant et la machine, «Europe», Revue Mensuelle, No. 433—434, mai-juin 1965.
- 379*. Corell W. . Verhaltenspsychologische Grundlagen des programmierten Lernens. «Programmiertes Lernen und programmierter Unterricht», 1964, No. 2.
- 380*. Corell W., Pädagogische Verhaltenspsychologie. Ernst Reinhart Verlag, Miinchen/Basel, 1965.
381. Couffignal L., La mecanisation dela pedagogie, l'enseignement programme. «La Pädagogie Cybernétique», vol. 2, No. 2, juill 1964.
382. Couffignal L., La pedagogie cybernetique. «L'Education Nationale», 1965, No. 15—16.
383. Couffignal L., La pedagogie cybernetique. «Europe», Revue Mensuelle. No. 433—434, mai-juin 1965.
384. Coulson J. E. (ed.), Programmed learning and computer-based instruction. N. Y., Wiley, 1962.
- 385*. Cram D., Explaining «teaching machines» and programming. San Francisco, Fearon, 1961.
- 386*. Cros L., Programmation et education. «L'Education Nationale», 1965, No. 15—16.
- 387*. Crowder N. A., On the differences between linear and intrinsic programming. «Phi Delta. Kappan», Bloomington, Indiana, 1963, No. 6.
- 388*. Crowder N. A., Automatic tutoring by intrinsic programming In: A. A. Lamsdain and R. Glaser «Teaching machines and programmed learning: a source book». Washington, NEA, 1960.
389. Cube F., Zur Theorie des mechanischen Lernens. Hamburg, Schnelle, 1960.
390. Cube F., Kybernetische Grundlagen des Lernens und Lehrens. Stuttgart, Ernst Klett, 1964.
- 391*. De Cecco J. P. (ed.), Educational technology: readings in programmed instruction. N. Y., Holt, Renhart and Winston, 1964.
- 392*. Decote G., Vers l'enseignement programme. Paris, GauthierVillars, 1963.
393. Delchet R., Lefevre L., Valeur pedagogique des machines a enseigner (seminaire de recherche du troisieme cycle). «L' Education Nationale», No. 23, 20 juin 1963.
- 394*. Desamais R., Techniques d'auto-instruction. «Cooperation Pädagogique», No. 2—3, avril — sept. 1963.
- 395 *. Descombes A., Instruction programme. «Hommes et Techniques», No. 230, janv. 1964.
- 396*. Deterline W. A., An introduction to programmed instruction. N. Y. Prentice-Hall, 1962.
397. Dietz A., Unterrichtsforschung und Kybernetik. «Pädagogik», 1963, No. 1.

398. Dieuzeide H., Les machines a apprendre. «L'Education Nationale», No. 24, 19 sept. 1963.
- 399 *. Ecke P., Programmierter Unterricht in der Unterstufe. «Padagogik», 1965, No. 6.
400. Evans L. H. and Arnstein G., Automation and the challenge to education. Washington, National Educational Association, 1962.
- 401 *. Evans J. L., Glaser R., The development and the use of a «standard» program for investigating programmed verbal learning «American Psychologist», 1960, No. 15.
- 402 *. Fekete J., A programozott oktatás néhány kérdése. «Pedagogiai Szemle», 1965, No. 2. Резюме на русск. яз.
- 403 *. Filer R., Prospectives in programming. N. Y., McMillan, 1963.
404. Fine B., Teaching machines. N. Y., Sterling, 1962.
405. Finn J. D. and Perrin D. G., Teaching machines and programmed learning, 1962: a survey of the industry. Washington, National Educational Association, 1962.
406. Fleszner J., O możliwościach i perspektywach myślenia cybernetycznego w pedagogice. «Kwartalnik pedagogiczny», 1964, No. 1. Резюме на русск. яз.
- 407 *. Franck R., La semi-programmation. «L'Education Nationale», 1965, No. 15—16.
408. Frank H., Kybernetische Grundlagen der Padagogik. Eine Einführung in die Informationspsychologie. Baden-Baden, Agis, 1962.
409. Frank H. (Hrsg.), Lehrmaschinen in kybernetischer und padagogischer Sicht. Referate der ersten deutschen Lehrmaschinentagung. Verlage Klett und Oldenburg, Stuttgart und Munchen, 1963.
410. Frank H. (Hrsg.), Lehrmaschinen in kybernetischer und padagogischer Sicht. Referate des zweiten Niirtinger Symposiums über Lehrmaschinen. Ernst Klett Verlag Stuttgart, R. Oldenburg Verlag Munchen, 1964.
411. Freinet C, Machines enseignantes et programmation. «L'Education Nationale», No. 34, 28 nov. 1963.
412. Freinet C, Le travail a l'ecole Freinet selon la nouvelle technique des bandes enseignantes. «L'Educateur», 1964, No. 4.
- 413 *. Freinet C, Des methodes actives a la programmation. «L'Education Nationale», 1965, No. 15 — 16.
- 414 Fry E B., Teaching machines and programmed instruction. An introduction N. Y./London, McGraw—Hill, 1963.
- 415 *. Frey P., Das Problem der Fragen und Antworten im programmierten Text. «Berufsbildung», 1965, No. 3.
416. Gagne R. M., Training devices and simulators: some research. «American psychologist», vol. 9, March 1954.
- 417 *. Gal R., Perspectives nouvelles sur l'enseignement programme. «L'Education Nationale», No. 28, 15 oct. 1964.
418. Galanter E. H. (ed.), Automatic teaching: the state of the art. N. Y., Wiley, 1959.
419. Galanter E. H., Mechanisation of teaching. «Bulletin of the National Association of Secondary School Principals», No. 44, April 1960.
- 420 *. Gauthier A., Pauliat P., Structuralisme et programmation. «Cahiers pedagogique», 1964, No. 47.
421. Gentilhomme I., Optimisation des algorithmes d'enseignement. «La Pedagogie Cybernetique», 1964, No. 4.
422. Gentilhomme I., Enseignement cybernetique du russe scientifique. «Europe», Revue Mensuelle, No. 433—434, mai—juin, 1965.
423. Goldsmith M. (ed.), Mechanisation in the classroom. An introduction to teaching machines and programmed learning. London Souvenir Press, 1963.
424. Goodman R., Programmed learning and teaching machines: an introduction. London, English Univ. Press, 1962.
425. Goodman R., Computer controlled teaching machines. «Technology», No 6, Sept. 1962.
426. Graff K., Kybernetische Padagogik. «Die Deutsche Berufs- und Fachschule», 1962, Heft 9.
- 427 *. Green E. J., The learning process and programmed instruction. N. Y., Holt, Rinehart and Winston, 1962.
- 428 *. Gourevitch M., Essai d'enseignement programme des mathematiques. «La Pedagogie Cybernetique», vol. 2, No. 2, mai 1964.
429. Guillaumaud J., Puissance et valeur de la pedagogie cybernetique. «Europe», Revue Mensuelle, No. 433—434, mai—juin 1965.
- 430 *. Hignett e M., L'enseignement programme et l'education des adultes. «L'Education Nationale», 1965, No. 15—16.
- 431 *. Hinze K., Erste Erfahrungen bei der Entwicklung moderner Lehrhiifsmittel, «Padagogik», 1963, No. 8.
- 432 *. Hinze K., Padagogisch-psychologische Probleme des verzweigten programmierten Unterrichts. «Padagogik», 1964, No. 3.
- 433 *. Holland J. G., Evaluating teaching machines and programs. «Teachers College Record», vol. 63, No. 1, Oct. 1961.
- 434 *. Holland J. G., and Skinner B. F., The analysis of behavior: a program for self-instruction. N. Y. McGraw—Hill, 1961.
- 435 *. Hoang Van Chi, La programmation et les mathematiques. «La Pedagogie Cybernetique», vol. 2, No. 2, mai 1964.
- 436 *. Hughes J. L., Programmed learning: a critical evaluation. Chicago, Educational Methods, 1963.
437. Iffland E., Die Anwendung mathematischer Methoden in der Methodik nichtmathematischer Facher. «Padagogik», 1964, No. 5.
- 438 *. Iffland E., Neue Wege zur Steigerung der Effektivitat des Unterrichts. «Padagogik», 1964, No. 3.
439. Kelbert H., Über die Anwendung der Algorithmen von Ljapunow in der Berufspadagogik. In: «Mathematische und physikalisch-technische Probleme der Kybernetik», Berlin, 1963.
440. Kelbert H., Kybernetik und Berufspadagogik. In: «Kybernetik in Wissenschaft, Technik und Wirtschaft der DDR». Berlin, 1963.
441. Kelbert H., Programmierter Unterricht und Anwendung moderner Lehrhiifsmittel. «Padagogik», 1963, No. 4.
- 442 *. Kelbert H., Aufgaben und Probleme des programmierten Unterrichts. «Padagogik», 1964, No. 3.

- 443*. Kirchberger A., L'enseignement programme dans le monde. «L'Education Nationale», 1965, No. 15—16.
- 444*. Kiss A., Programozott tanítás a gyakorlatban. «Pedagogiai szemle», 1965, No. 7—8. Резюме на русск. яз.
- 445*. Klaus D., The art of auto-instructional programming. «Audio — visual communications review», vol. 9, 1961.
446. Klix F., Bemerkungen fiber einige mathematisch-kybernetische Probleme in der psychologischen Forschung. In: «Mathematische und physikalisch-technische Probleme der Kybernetik», Berlin, 1963.
447. Klix F., Über Zweck und Zielsetzung der kybernetischen Behandlung psychologischer Probleme und einige Aufgaben dieser psychologischen Forschungen in der Deutschen Demokratischen Republik». In: «Kybernetik in Wissenschaft, Technik und Wirtschaft der DDR», Berlin, 1963.
448. Kněžů V., První zkušenosti a programování učiva. «Pedagogika», 1963, No. 4. Резюме на русск. яз.
- 449*. Kněžů V., K problematice sestavování programů. «Pedagogika», 1964, No. 5. Резюме на русск. яз.
450. Köler R., Reiners K.-H., Kybernetik als Hilfe didaktischer Forschung. «Wissenschaftliche Zeitschrift TU Dresden», 1963, No. 4.
451. Komosky K. P., Teaching machines. «Instructor», No. 70, March 1961.
- 452*. Kulič V., Experimentální analýza procesu programování učiva a některých jeho principů. «Pedagogika», 1963, No. 6. Резюме на русск. яз.
- 453*. Labin E., Défense de l'instruction programmée. «L'Education Nationale», No. 8, 20 fév. 1964.
454. Lange W., Kybernetik und Verbesserung der Bildungs- und Erziehungsarbeit. «Pädagogik», 1963, No. 2.
- 455*. «Le courrier de la recherche pédagogique». L'enseignement programme. Numéro special, Janvier 1965. Publication de l'Institut pédagogique nationale.
- 456*. Leith G. O., Peel E. A. and Curr W., A handbook of programmed learning. Birmingham, 1964.
- 457*. Leplat J., Formation professionnelle et aménagement du travail. «Bulletin de Psychologie», 20 mars 1962.
458. Leplat J., L'enseignement automatisé. Caractéristiques générales et possibilités d'application à la formation professionnelle. «Bulletin du Centre D'Etudes et Recherches Psychotechniques», No. 1, janv.—mars 1963.
459. Lewis B. N., Pask G., The theory and practice of adaptive teaching systems. In: R. Glaser (ed.) Teaching machines and programmed learning. Data and directions. National Education Association, 1964.
460. Lumsdain A. A., Teaching machines and programmed instruction. In: «New Methods and Techniques in Education. Educational Studies and Documents», No. 48, UNESCO, 1963.
461. Lumsdain A., Glaser R., Teaching machines and programmed learning: a source book. Washington: Dep. of Audio-Visual Instruction, National Education Association, 1960.
- 462*. Lysaught J. P. and Williams C. M., A guide to programmed instruction. New York/London, Wiley, 1963.
- 463*. Mager R. F., Preparing objectives for programmed instruction. San Francisco, Fearon, 1960.
- 464*. Maloughlin F. G., A program for programmed instruction. «Technical Education», June 1963.
- 465*. Margulies S. and Eigen L. D. (eds.), Applied programme instruction. N. Y., Wiley, 1962.
- 466*. Markle S. M., Good frames and bad: a grammar of frame writing. N. Y. Wiley, 1964.
- 467*. Markle S. M., Eigen L. D. and Komoski P. K., A programmed primer on programming. N. Y. Centre for Programmed Instruction,
- 468*. Mazur M., Nauczanie programowane. «Kwartalnik pedagogiczny», 1964, No. 1. Резюме на русск. яз.
- 469*. Melet R., Pédagogie et programmation. «L'Education Nationale», 1965, No. 15—16.
470. Metais C., Données actuelles d'une pédagogie cybernétique. «La Pédagogie Cybernétique», No. 1, mars 1963.
471. Meyer G., Automatisierungstechnik im Unterricht. «Polytechnische Bildung und Erziehung», 1963, No. 8/9.
- 472*. Метев В., Понятия и принципы на кибернетиката и възможности за техно приложение в педагогиката. «Народна просвета», 1964, № 7.
- 473*. Milan M., Kotazkam programovania učiva. «Jednotná škola», 1964, No. 1. Резюме на русск. яз.
- 474*. Milton O. and West L., P. I.: What it is and how it works. N. Y., Harcourt, Brace and World; London, Hart-Davis, 1963.
- 475*. Novicicov E., Negoescu V., Instruirea programată și mijocurile de instruire. «Revista de pedagogie», 1964, No. 3. Резюме на русск. яз.
- 476*. Okon W., Nauczanie «podajace» a nauczanie programowane. «Kwartalnik pedagogiczny», 1963, No. 4. Резюме на русск. яз.
477. Oleron P., L'élève, le programme et la machine. «L'Education Nationale», 1965, No. 15—16.
478. Pask G., Teaching machines. «New Scientist», vol. 10. No. 234, 1961.
479. Pask G., Interaction between a group of subjects and adaptive automation to produce a self-organising system for decision-making. In: H. von Foerster and G. W. Zopf (eds.) «Principles of self-organisation». London, Pergamon Press, 1962.
480. Pask G., Self-organising systems involved in human learning and performance. In: «3rd Bionics Symposium», Dayton, Ohio, 1963.
481. Pernin D., Des machines à enseigner l'instruction programmée. «Hommes et Techniques», No. 230, janv. 1964.
- 482*. Pernin D., Qu'est-ce que l'instruction programmée? «Hommes et Techniques», No. 230, janv. 1964.
- 483*. Pernin D., Domaines d'application et coût de l'instruction programmée. «Hommes et Techniques», No. 230, janv. 1964.
484. Po hi L., Die methodische Behandlung des Participe passé. «Wissenschaftliche Zeitschrift der Friedrich-Schiller-Universität Jena», 1964, Jahrgang 13, Gesellschafts- und sprachwissenschaftliche Reihe, Heft 2.
- 485*. Popescu-Neveanu P., Constantinescu-Stoleru P., Crețu T., Zlate M., Programarea învățămîntului și problemele

- cercetarilor de psihologie-pedagogie. «Revista de pedagogie», 1964, No. 1. Резюме на русск. яз.
 486. Porter D., A critical review of a portion of the literature on teaching devices. «Harvard Educational Review», vol. 27, No. 2, 1957.
 487. Porter D., Teaching machines. In: Lumsdain A. A. and Claser R. «Teaching machines and programmed learning: a source book». Washington, NEA, 1960.
 488. Pressey S. L., Development and appraisal of devices providing immediate automatic scoring of objective tests and concomitant self-instruction. «Journal of psychology», vol. 29, 1950.
 489. Pressey S. L., Teaching machines (and learning theory) crisis. «Journal of applied psychology», vol. 47, No. 1, 1963.
 490*. Radu I., Krau E., Cozonac S., Instruirea programată și problemele aplicării ei în școală. «Revista de pedagogie», 1964, No. 6. Резюме на русск. яз.
 491. Richmond W. K., Teachers and machines. An introduction to the theory and practice of programmed learning. London and Glasgow, 1965.
 492. Roe A., Automated teaching methods using linear programs. «Journal of applied psychology», vol. 46, No. 3, June 1962.
 493*. Sander M., Der programmierte Unterricht in der allgemeinbildenden Schule. Bad Neuenahr, Mars-Lehr mitt el verlag, 1964.
 494. Sauvan J., Modeles de fonctions de la mentalite. «La Pedagogie Cybernetique», 1964, No. 4.
 495. Schirm R. W., «Lehrmaschinen» und programmierte Unterweisung. Darmstadt, 1963.
 496. Shramm W., The newer educational media in the United States. «New methods and techniques in education». Educational Studies and Documents. No. 48, UNESCO, 1963.
 497*. Schramm W., The research on programmed instruction. Washington, U. S. Dept. of Health Welfare and Education, 1964.
 498*. Schröter G., Automation und Lehrmaschinen. «Berufspädagogische Zeitschrift», 1964, Heft 6.
 499*. Schuffenhauer H., Über die Entwicklung kybernetischer Unterrichtsmittel und das Problem der Programmierung von Unterrichtsabschnitten. «Pädagogik», 1963, No. 11.
 500*. Shakmaev N., Jinkine N., Petrouchine S., Recherches sur l'utilisation des . moyens techniques dans l'enseignement en U.R.S.S. In: «Nouvelles Methodes et Moyens d'Education», Paris, UNESCO, 1963.
 501*. Silberman H. E., The automation of teaching. «Behavioral science», vol. 5, 1960.
 502*. Silberman H. F., What are the limits of programmed instruction? «Phi Delta Kappan», 1963, vol. 44, No.6.
 503*. Skinner B. F., The science of learning and the art of teaching. «Harvard Educational Review», vol. 24, No. 2, 1954.
 504. Skinner B. F., Teaching machines. «Science», vol. 128, No. 3330, 1958.
 505. Skinner B. F., Why do we need teaching machines? «Harvard Educational Review», vol. 31, No. 4, 1961.
 506. Small wood R. D., A decision structure for teaching machines. Cambridge, 1962.
 507*. Smith W.J., Moore J.W., Programmed learning: theory and research. An enduring problem in psychology. Selected readings. Princeton, 1962.
 508. Stancin S., Pedagogia si cibernetica. «Revista de pedagogies», 1963, № 10. Резюме на русск. яз.
 509. Stolurow L. M., Teaching by machine. Washington, 1961.
 510*. Stolurow L., Let's be informed on programed instruction. «Phi Delta Kappan», vol. 44, No. 6, 1963.
 511*. Stolurow L. M., Model the master teacher or master the teaching model. University of Illinois. Training research laboratory Technical Report, No. 3, July 1964.
 512*. Thelen H. A., Programmed materials today: critique and proposals. «The elementary school journal», vol. 63, No. 4, 1963.
 513*. Thomas C. A., Davies I. K., Openshaw D. and Bird J. B., Programmed learning in perspective. City Publicity Services, 1963.
 514*. Tollingerova D., O vyznamu matematicke teorie her a programovani pro psychologickou analyzu uceni. «Pedagogika», 1962, No. 12. Резюме на русск. яз.
 515*. Tollingerova D., Programovane uceni jako svetovy problem. «Pedagogika», 1964, No. 4. Резюме на русск. яз.
 516. «Über die Rolle der Kybernetik in Lehr- und Lernprozefi», Material für Faehschullehrer. Hrsg. v. Inst. für Fachschulwesen der DDR. Karl-Marx-Stadt, 1964.
 517*. Цветков Д., Принципы и методы на програмирането на учебния материал. «Народна просвета», 1964, № 7.

IV. Физиология высшей нервной деятельности. Общая и педагогическая психология.

Дидактика и методика обучения. Лингвистические основы преподавания родного языка.

518. Абакумов С. И., Методика пунктуации, М., Учпедгиз, 1954.
 519. Айдарова Л. И., Формирование лингвистического отношения к слову у младших школьников. «Вопросы психологии», 1964, № 5.
 520. Алгазина Н. Н., Изучение правил правописания окончаний прилагательных и причастий в восьмилетней школе, М., Учпедгиз, 1960.
 521*. Алгазина Н. Н., Предупреждение ошибок в построении словосочетаний и предложений, М., Изд-во АПН РСФСР, 1962.
 522. Ананьев Б. Г., Психология чувственного познания, М., Изд-во АПН РСФСР, 1960.
 523. Ананьев Б. Г., Труд как важнейшее условие развития чувствительности. «Вопросы психологии», 1955, № 1.

524. Анохин П. К., Особенности афферентного аппарата условного рефлекса и их значение для психологии. «Вопросы психологии», 1955, № 6.
525. Анохин П. К., Опережающее отражение действительности. «Вопросы философии», 1962, № 7.
- 526*. Анохин П. К., Рефлекс цели как объект физиологического анализа. «Журнал высшей нервной деятельности», т. XII, вып. 1, 1962.
- 527*. Анцыферова Л. И., Роль анализа в познании причинно-следственных отношений. В сб.: «Процесс мышления и закономерности анализа, синтеза и обобщения», под общ. ред. С. Л. Рубинштейна, М., Изд-во АН СССР, 1960.
528. Арана Л., Восприятие как вероятностный процесс. «Вопросы психологии», 1961, № 5.
529. Бабушкин И. И., О развитии мышления учащихся на уроках. В сб.: «О повышении сознательности учащихся в обучении», под ред. М. А. Данилова, М., Изд-во АПН РСФСР, 1957.
- 530*. Бархударов С. Г., О состоянии методики преподавания русского языка, «Русский язык в школе», 1959, №4.
- 531*. Бархударов С. Г. и Крючков С. Е., Об учебнике синтаксиса для VI—VIII классов. «Русский язык в школе», 1962, № 4.
532. Бархударов С. Г. и Крючков С. Е., Учебник русского языка, ч. 1 и 2, М., Учпедгиз, 1961.
533. Бархударов С. Г. и Крючков С. Е., Учебник русского языка, ч. 1 и 2, М., «Просвещение», 1965.
534. Бернштейн Н. А., Некоторые назревающие проблемы регуляции двигательных актов. «Вопросы психологии», 1957, № 6.
535. Бернштейн Н. А., Очередные проблемы физиологии активности. В сб.: «Проблемы кибернетики», вып. 6, М., Физматгиз, 1961.
536. Бернштейн Н. А., Пути и задачи физиологии активности. «Вопросы философии», 1961, № 6.
537. Бернштейн Н. А., Новые линии развития в физиологии и их соотношение с кибернетикой. «Вопросы философии», 1962, № 8.
538. Бернштейн Н. А., Новые линии развития в современной физиологии. В сб.: «Материалы конференции по методам физиологических исследований человека», под ред. А. А. Летавета и В. С. Фарфеля, М., изд. Моск. о-ва физиологов, 1962.
- 539*. Блинов Г. И., Сопоставления при обучении пунктуации, М., Учпедгиз, 1959.
- 540*. Блинов Г. И., Изучение связи слов на уроках русского языка. Пособие для учителя, М., Учпедгиз, 1963.
- 541*. Богоявленский Д. Н., Психология усвоения орфографии, М., Изд-во АПН РСФСР, 1957.
542. Богоявленский Д. Н., Формирование приемов умственной работы учащихся как путь развития мышления и активизации учения. «Вопросы психологии», 1962, № 4.
543. Богоявленский, Д. Н. и Менчинская Н. А., Психология усвоения знаний в школе, М., Изд-во АПН РСФСР, 1959.
544. Богоявленский Д. Н. и Федоренко Л. П., Вопросы активизации обучения грамматике и орфографии в вечерней (сменной) школе. В сб.: «Психология активизации обучения в вечерней средней школе», под ред. Д. Н. Богоявленского, М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
545. Бодров В. А., Генкин А. А., Зараковский Г. А., Некоторые закономерности реакций человека на тестовые задачи, моделирующие принятие одного из двух возможных решений. «Доклады АПН РСФСР», 1961, №5; 1962, № 2, 4.
546. Божович Л. И., Психологический анализ употребления правила на безударные гласные корни. «Советская педагогика», 1937, № 5—6.
547. Божович Л. И., Психологический анализ формализма в усвоении школьных знаний. «Советская педагогика», 1945, № 11.
- 548 *. Божович Л. И., Значение осознания языковых обобщений. «Известия АПН РСФСР», вып. 3, М., 1946.
549. Божович Л. И., Леонтьев А. Н., Морозова Н. Г., Эльконин Д. Б., Очерки психологии детей (младший школьный возраст), М., Изд-во АПН РСФСР, 1950.
550. Бойко Е. И., Время реакции человека. История, теория, современное состояние и практическое значение хронометрических исследований, М., «Медицина», 1964.
- 551*. Брунер Дж., Процесс обучения, М. Изд-во АПН РСФСР, 1962.
- 552*. Брушлинский А. В., Исследование направленности мыслительного процесса. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук (по психологии), М., 1964.
- 553*. Брушлинский А. В., Роль анализа и абстракции в познании количественных отношений: В сб.: «Процесс мышления и закономерности анализа, синтеза и обобщения», под общ. ред. С. Л. Рубинштейна, М., Изд-во АН СССР, 1960.
554. Валлон А., От действия к мысли, М., Изд-во иностр. лит., 1956.
555. Вейспал О. В., Элементы формальной логики на уроках русского языка и литературного чтения в VII классе. В сб.: «Труды первой научно-педагогической конференции учителей г. Ленинграда», Л., изд. Ленинградского гор. ин-та усовершенствования учителей, 1940.
556. Веккер Л. М., О сравнительной характеристике предметных действий и операций управления. «Материалы IV научной конференции по физиологии труда, посвященной памяти А. А. Ухтомского», Л., Изд-во ЛГУ, 1963.
- 557*. Веккер Л. М., К сравнительному анализу психической регуляции и регулирования в автоматах. «Вопросы философии», 1963, № 2.
- 558*. Ветров А. А., Продуктивное мышление и ассоциация. «Вопросы психологии», 1959, № 6.

559. Вишнепольская А. Г., Влияние распространенности определенных орфограмм в языке на усвоение учащимися правописания безударных гласных. В сб.: «Вопросы психологии обучения и воспитания в школе», под ред. 3. И. Калмыковой, М., Изд-во АПН РСФСР, 1956.
560. Вишнепольская А. Г., Влияние чтения на правописание учащихся. «Вопросы психологии», 1959, № 3.
- 561*. «Вопросы психологии усвоения грамматики и орфографии», под ред. Д. Н. Богоявленского, М., Изд-во АПН РСФСР, 1959.
562. Воробьев Г. В., Вопросы преподавания, геометрии в VI — VII классах в связи с работой учащихся в школьных мастерских, М., Учпедгиз, 1962.
563. Воробьев Г. В., Прием уточнения учащимися усваиваемых понятий. В сб.: «Обучение школьников приемам самостоятельной работы», под ред. М. А. Данилова и Б. П. Есипова, М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
- 564*. Воронин М. Т., Употребление запятой в предложениях с союзом «и» (основные случаи), М., Изд-во АПН РСФСР, 1960.
- 565*. Воронин Л. Г., Анализ и синтез сложных раздражителей у высших животных, Л., Медгиз, 1952.
566. Выготский Л. С., Развитие высших форм внимания в детском возрасте. В кн.: «Избранные психологические исследования», М., Изд-во АПН РСФСР, 1956.
- 567*. Выготский Л. С., Избранные психологические исследования, М., Изд-во АПН РСФСР, 1956.
- 568*. Выготский Л. С., Развитие высших психических функций, М., Изд-во АПН РСФСР, 1960.
569. Выготский Л. С. и Лурия А. Р., Этюды по истории поведения, М.—Л., Государственное изд-во, 1930.
570. Галкина-Федорук Е. М., Безличные предложения в современном русском языке, М., Изд-во МГУ, 1958.
571. Гальперин П. Я., Опыт изучения формирования умственных действий. «Доклады на совещании по вопросам психологии», М., Изд-во АПН РСФСР, 1954.
572. Гальперин П. Я., О формировании умственных действий и понятий. «Вестник Московского университета». Серия экономики, философии и права, 1957, № 4.
573. Гальперин П. Я., О формировании чувственных образов и понятий. «Материалы совещания по психологии (июль, 1955)», М., Изд-во АПН РСФСР, 1957.
574. Гальперин П. Я., Умственное действие как основа формирования мысли и образа. «Вопросы психологии», 1957, № 6.
575. Гальперин П. Я., Типы ориентировки и типы формирования действий и понятий. «Доклады АПН РСФСР», 1959, № 2.
576. Гальперин П. Я., Развитие исследований по формированию умственных действий. В кн.: «Психологическая наука в СССР», т. I, М., Изд-во АПН РСФСР, 1959.
577. Гальперин П. Я., Основные результаты исследований по проблеме «Формирование умственных действий и понятий». Доклад на соискание ученой степени доктора пед. наук (по психологии), М., Изд-во МГУ, 1965.
578. Гальперин П. Я. и Георгиев Л. С., К вопросу о формировании начальных математических понятий. «Доклады АПН РСФСР», 1960, № 1, 3, 4 и 5; 1961, № 1.
579. Гальперин П. Я., Дубровина А. Н., Тип ориентировки в задании и формирование грамматических понятий. «Доклады АПН РСФСР», 1957, № 3.
580. Гальперин П. Я., Запорожец А. В., Эльконин Д. Б., Проблема формирования знаний и умений у школьников и новые методы обучения в школе. «Вопросы психологии», 1963, № 5.
581. Гальперин П. Я. и Талызина Н. Ф., Формирование начальных геометрических понятий на основе организованного действия учащихся. «Вопросы психологии», 1957, № 1.
582. Ганелин Ш. И., Дидактический принцип сознательности, М., Изд-во АПН РСФСР, 1962.
- 583*. Гмурман В. Е., О грамматических вопросах. «Русский язык в школе», 1946, № 5—6.
584. Гмурман В. Е., К вопросу о психологии усвоения орфографических правил. «Советская педагогика», 1946, № 4—5.
- 585*. Гмурман В. Е., Усвоение учащимися научной терминологии. «Советская педагогика», 1950, № 10.
586. Говоркова А. Ф., Опыт изучения некоторых интеллектуальных умений. «Вопросы психологии», 1962, № 2.
587. Голант Е. Я., Методы обучения в советской школе, М., Учпедгиз, 1957.
588. Голомшток И. Е., Психологический анализ арифметических действий учащихся первого класса. «Ученые записки Московского областного педагогического института им. Н. К. Крупской», т. 91, 1960.
589. Горская Г. И., Приемы активизации познавательной деятельности учащихся на уроках русского языка, Липецк, Изд-во газеты «Ленинское знамя», 1961.
590. Горская Г. И., Новое на уроках русского языка. Из опыта работы учителя г. Липецка, М., Учпедгиз, 1963.
591. Граник Г. Г., Применение разбора для закрепления навыков в школе рабочей молодежи. «Русский язык в школе», 1962, № 5.
592. Граник Г. Г., Приемы умственной работы при усвоении орфографии. В сб.: «Психология активизации обучения в вечерней средней школе», под ред. Д. Н. Богоявленского, М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
593. Граник Г. Г., Работа над пунктуацией при письме под диктовку (Опыт организации умственной деятельности учащихся). «Русский язык в школе», 1965, № 1.
594. Гращенков Н. И. и др., Основные вопросы структуры рефлексорного действия и их методологическая оценка. «Вопросы философии», 1962, № 8.
595. Груздев П. Н., Воспитание мышления в процессе обучения. В сб.: «Вопросы воспитания мышления в процессе обучения», М., Изд-во АПН РСФСР, 1949.

596. Гурова Л. Л., Осознаваемость мыслительных операций при решении пространственных задач. В сб.: «Мышление и речь», под ред. Н. И. Жинкина и Ф. Н. Шемакина, М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
597. Гурова Л. Л., Способы формирования сознательно регулируемых мыслительных операций при решении пространственных задач. Там же.
598. Гусарская Г. Ю., Мой опыт воспитания в старших классах интереса и развития склонностей учащихся к научным знаниям, Казань, Изд-во Казанского ун-та, 1961.
599. Давыдов В. В., Образование начального понятия о количестве у детей. «Вопросы психологии», 1957, № 2.
600. Давыдов В. В., О психологическом анализе содержания действий. «Тезисы докладов на II съезде Общества психологов», вып. 5, М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
601. Данилов М. А., Процесс обучения в советской школе, М., Учпедгиз, 1960.
602. Данилов М. А., Умственное воспитание школьников. «Советская педагогика», 1964, № 12.
603. Данилов М. А. и Есипов Б. П., Дидактика, М., Изд-во АПН РСФСР, 1957.
604. Доблаев Л. П., Мыслительные процессы при составлении уравнений. «Известия АПН РСФСР», вып. 80, 1957.
605. Добромыслов В. А., О развитии логического мышления учащихся V—VII классов на занятиях по русскому языку, М., Учпедгиз, 1956.
606. Добромыслов В. А., Изучение грамматических определений и правил в V—VII классах, М., Изд-во АПН РСФСР, 1951, стр. 15—37.
607. Добронравов Б. К., Развитие мышления на уроках математики. «Труды первой научно-педагогической конференции учителей г. Ленинграда», Л., изд. Ленинградского гор. ин-та усовершенствования учителей, 1940.
608. Добрынин Н. Ф., Проблема значимости в психологии. В сб.: «Материалы совещания по психологии», М., Изд-во АПН РСФСР, 1957.
609. Добрынин Н. Ф., О значимости получаемых учащимися знаний. «Вопросы психологии», 1960, № 1.
610. Додонов Б. И., Процесс категориального узнавания грамматического материала. «Вопросы психологии», 1959, № 2.
611. Долин А. О., Новые факты к физиологическому пониманию ассоциаций у человека. «Архив биологических наук», вып. 1—2, 1936.
612. Дубовис-Арановская Д. М., О некоторых условиях понимания структуры текста учащимися. «Вопросы психологии», 1962, № 1.
613. Дудников А. В., Методика пунктуации в связи с изучением синтаксиса сложного предложения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата пед. наук, М., 1952.
- 614 *. Дудников А. В., Пунктуация сложного предложения, М., Учпедгиз, 1958.
615. Ерастов Н. П., Психологические основы формирования навыка выражения мыслей своими словами у учащихся. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата пед. наук (по психологии), М., 1955.
616. Ерицян М. С., Материалы к психологии дедуктивных умозаключений. «Известия АПН РСФСР», вып. 120, 1962.
617. Есипов Б. П., Активизация мышления учащихся в процессе обучения. «Известия АПН РСФСР», вып. 20, 1949.
618. Есипов Б. П., Самостоятельная работа учащихся на уроках, М., Учпедгиз, 1961.
619. Жекулин С. А., Развитие интеллектуальных операций при решении задач. «Вопросы психологии», 1965, № 2.
620. Жилина Е. М., Схема как средство воспитания мышления на уроках русского языка. В сб.: «Вопросы воспитания мышления в процессе обучения», М., Изд-во АПН РСФСР, 1949.
- 621 *. Жинкин Н. И., Развитие письменной речи учащихся III — VII классов. «Известия АПН РСФСР», вып. 78, 1956.
- 622 *. Жинкин Н. И., Механизмы речи, М., Изд-во АПН РСФСР, 1958.
623. Жуйков С. Ф., К психологии формирования орфографических навыков. «Известия АПН РСФСР», вып. 80, 1957.
624. Жуйков С. Ф., Психология усвоения грамматики в начальных классах, М., «Просвещение», 1964.
625. Жуйков С. Ф., Формирование орфографических действий (у младших школьников), М., «Просвещение», 1965.
626. Заболотнев М. И., Формирование приемов самостоятельного мышления учащихся. «Вопросы психологии», 1964, № 2.
627. Забуга И. С., Закрепление навыков письма по русскому языку. «Русский язык в школе», 1956, № 6.
- 628 *. Завалишина Д. Н., Пушкин В. Н., О механизмах оперативного мышления. «Вопросы психологии», 1964, № 3.
629. Занков Л. В., Развитие памяти умственно отсталого ребенка. В сб.: «Умственно отсталый ребенок», под ред. Л. С. Выготского и И. И. Данишевского, т. 1, вып. 1, М., Гос. учебно-педагогическое изд-во, 1935.
630. Занков Л. В., Наглядность и активизация учащихся в обучении, М., Учпедгиз, 1960.
- 631 *. Занков Л. В., О предмете и методе дидактических исследований, М., Изд-во АПН РСФСР, 1962.
632. Запорожец А. В., Развитие произвольных движений, М., Изд-во АПН РСФСР, 1960.
633. Захаров А. Н., Сопоставление теоретически возможного и реального хода решения задач. «Вопросы психологии», 1959, № 6.
634. Захаров А. Н., Об использовании информации в задачах, решаемых с помощью проб. В сб.: «Мышление и

- речь», под ред. Н. И. Жинкина и Ф. Н. Шемякина, М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
635. Зевальд Л. О., Материалы к вопросу о системности. «Труды физиологических лабораторий им. акад. И. П. Павлова», т. X, 1941.
636. Зейлигер-Рубинштейн Е. О., К вопросу о воспитании у учащихся приемов мышления. В сб.: «Вопросы воспитания мышления в процессе обучения», под ред. П. Н. Груздева и Ш. И. Ганелина, М.—Л., Изд-во АПН РСФСР, 1949.
637. Зелинский К., Камогрядеши. «Литературная газета», 10/111 1960 г.
638. Зинченко В. П. и др., Становление и развитие перцептивных действий. «Вопросы психологии», 1962, № 3.
639. Зинченко В. П., Теоретические проблемы психологии восприятия. В кн.: «Инженерная психология», под ред. А. Н. Леонтьева, В. П. Зинченко и Д. Ю. Панова, М., Изд-во МГУ, 1964.
640. Зинченко В. П., Непроизвольное запоминание, М., Изд-во АПН РСФСР, 1961.
641. Зыкова В. И., Очерки психологии усвоения начальных геометрических знаний, М., Учпедгиз, 1955.
642. Зыкова В. И., Психологический анализ применения геометрических знаний к решению задач с жизненно-конкретным содержанием. В сб.: «Психология применения знаний к решению учебных задач», под ред. Н. А. Менчинской, М., Изд-во АПН РСФСР, 1958.
643. Зыкова В. И., Формирование практических умений на уроках геометрии, М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
- 644*. Зюбин Л. М., Исследование умственной активности учащихся V класса при воспроизведении и практическом применении знаний. «Советская педагогика», 1957, № 5.
645. Иванов-Смоленский А. Г., О взаимодействии первой и второй сигнальных систем в норме и патологии. В кн.: «Опыт объективного изучения работы и взаимодействия сигнальных систем головного мозга», М., Медгиз, 1963.
646. Индик Н. К., Мыслительные процессы при формировании нового действия. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата пед. наук (по психологии), М., 1951.
647. Кабанова-Меллер Е. Н., Психологический анализ применения географических понятий и закономерностей. «Известия АПН РСФСР», вып. 28, 1950.
648. Кабанова-Меллер Е. Н., Формирование приемов умственной деятельности у школьников. «Советская педагогика», 1959, № 6.
649. Кабанова-Меллер Е. Н., Психология формирования знаний и навыков у школьников, М., Изд-во АПН РСФСР, 1962.
650. Калмыкова З. И., Процессы анализа и синтеза при решении арифметических задач. «Известия АПН РСФСР», вып. 71, 1955.
651. Калмыкова З. И., Уровни применения знаний при решении физических задач. В сб.: «Психология применения знаний к решению учебных задач», под ред. Н. А. Менчинской, М., Изд-во АПН РСФСР, 1958.
652. Калмыкова З. И., Эффективность применения знаний по физике в зависимости от различных условий их усвоения. В сб.: «Применение знаний в учебной практике школьников», под ред. Н. А. Менчинской, М., Изд-во АПН РСФСР, 1961.
653. Каминский С. Д. и Майоров Ф. П., О динамическом стереотипе у обезьян. «Физиологический журнал СССР», т. XXVII, вып. 6, 1939.
654. Карпинский Г. К. и др., Физика. Учебник для VI класса средней школы, М., Учпедгиз, 1957.
655. Кильдюшевский Б. Ф., Развитие активного мышления учащихся на уроках физики, Куйбышев, изд. Куйбышевского гор. ин-та усовершенствования учителей, 1952.
656. Китаев Н. Н., Работа с учащимися, отстающими по русскому языку, М., Изд-во АПН РСФСР, 1962.
657. Кириллова Г. Д., Обучение учащихся умению сравнивать. «Советская педагогика», 1957, № 7.
- 658*. Кириллова Г. Д., О воспитании у школьников самостоятельности. «Советская педагогика», 1961, № 1.
659. Кирсанов А. А., Индивидуализация процесса обучения как средство развития познавательной активности и самостоятельности учащихся. «Советская педагогика», 1963, № 5.
660. Киселев А. П., Арифметика. Учебник для 5-го и 6-го классов средней школы, М., Учпедгиз, 1955.
661. Кныш Л. П., Приемы сочетания фронтальной и индивидуальной работы на уроке. «Русский язык в школе», 1958, № 4.
- 662*. Кобызев А. И., Индивидуальные задания по русскому языку в 5—7-м классах, под ред. М. А. Данилова, М., Изд-во АПН РСФСР 1957.
663. Коссов Б. Б., О некоторых методах, способствующих выделению существенных признаков воспринимаемых объектов. «Вопросы психологии», 1960, № 1.
664. Коссов Б. Б., Об условиях, определяющих структуру восприятия. «Известия АПН РСФСР», вып. 120, 1962.
665. Коссов Б. Б., Сравнительная действительность формы и пространственного положения воспринимаемых объектов. В сб.: «Зрительные восприятия», под ред. П. А. Шеварева, М., «Просвещение», 1964.
- 666*. Костюк Г. С., Вопросы психологии понимания. «Советская педагогика», 1948, № 9.
667. Костюк Г. С., О развитии мышления у детей. «Доклады на XIV Международном конгрессе по психологии», М., Изд-во АПН РСФСР, 1954.
668. Костюк Г. С., Вопросы психологии мышления. В кн.: «Психологическая наука в СССР», т. I, М., Изд-во АПН РСФСР, 1959.
669. Костюк Г. С., Проколийенко Л. Н., Сеница И. Е., О путях руководства умственным развитием учащихся в процессе обучения. «Тезисы докладов на II съезде Общества психологов», вып. 5, М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.

- 670*. Коул М., Корж Н., Келлер Л., Обучение вероятностям при длительной тренировке. «Вопросы психологии», 1965, № 2.
671. Кринчик Е. П., Изучение процесса переработки информации человеком в ситуации выбора. «Доклады АПН РСФСР», 1961, № 4, 1962, № 2, 3.
- 672*. Крутецкий В. А., Опыт анализа способностей к усвоению математики у школьников. «Вопросы психологии», 1959, № 1.
- 673*. Крутецкий В. А., О некоторых особенностях мышления школьников, малоспособных к математике. «Вопросы психологии», 1961, № 5.
- 674*. Крючков С. Е., О состоянии методики преподавания русского языка. «Русский язык в школе», 1960, № 4.
- 675*. Крючков С. Е., О системе и типе школьных учебников по русскому языку. «Русский язык в школе», 1961, № 2.
676. Кудрявцев Т. В., Взаимоотношение теоретических знаний и практических действий (при выполнении школьниками электромонтажных работ). В сб.: «Применение знаний в учебной практике школьников», под ред. Н. А. Менчинской, М., Изд-во АПН РСФСР, 1961.
677. Кудрявцев Т. В., Опыт психологической характеристики применения знаний по машиноведению к решению технических задач. Там же.
678. Кудрявцев Т. В. и Якиманская И. С., Развитие технического мышления учащихся, М., «Высшая школа», 1964.
679. Кудрявцева Е. М., Развитие логического мышления при обучении биологии. «Биология в школе», 1957, № 6.
680. Кудрявцева Е. М., Усвоение и применение знаний о жизни растений. В сб.: «Применение знаний в учебной практике школьников», под ред. Н. А. Менчинской, М., Изд-во АПН РСФСР, 1961.
- 681*. Кулак И. А., Формирование сложных систем временных связей у человека, Минск, Изд-во АН БССР, 1962.
- 682*. Кулибаба И. И., К изучению сложносочиненного предложения в VII классе. «Русский язык в школе», 1961, № 6.
683. Курашов И. В., Познавательная самостоятельность учащихся в процессе изучения новых знаний как результат организации их деятельности учителем. В сб.: «Об условиях развития познавательной самостоятельности и активности учащихся на уроках», под ред. М. А. Данилова, Казань, Таткнигоиздат, 1963.
684. Ланда Л. Н., К психологии формирования методов рассуждения (на материале решения геометрических задач на доказательство учащимися VII—VIII классов). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата пед. наук (по психологии), М., 1955.
685. Ланда Л. Н., О роли поисковых проб в процессе мышления. «Тезисы докладов на совещании по вопросам психологии познания (20—22 мая 1957)», М., Изд-во АН СССР, 1957.
686. Ланда Л. Н., О формировании у учащихся общего метода мыслительной деятельности при решении задач. «Вопросы психологии», 1959, № 3.
687. Ланда Л. Н., О некоторых недостатках умственной деятельности учащихся, затрудняющих самостоятельное решение задач. «Известия АПН РСФСР», вып. 115, 1961.
688. Ланда Л. Н. и Белопольская А. Р., Формирование у учащихся общих схем умственных действий как условие эффективного обучения методам умственной работы. «Тезисы докладов на I съезде Общества психологов», М., Изд-во АПН РСФСР, 1959.
- 689*. Левитов Н. Д., Детская и педагогическая психология, М., «Просвещение», 1964.
- 690*. Лейтес Н. С., Об умственной одаренности, М., Изд-во АПН РСФСР, 1960.
- 691*. Лемберг Р. Г., Дидактические очерки, Алма-Ата, «Мектеп», 1964.
692. Леонтьев А. Н., Развитие памяти. Экспериментальное исследование высших психических функций, М.—Л., Гос. учебно-педагогическое изд-во, 1931.
693. Леонтьев А. Н., О сознательности учения. «Известия АПН РСФСР», вып. 7, 1947.
694. Леонтьев А. Н., О материалистическом, рефлексном и субъективно-идеалистическом понимании психики. «Советская педагогика», 1952, № 7.
695. Леонтьев А. Н., Природа и формирование психических свойств и процессов человека. «Вопросы психологии», 1955, № 1.
696. Леонтьев А. Н., Обучение как проблема психологии. «Вопросы психологии», 1957, № 1.
697. Леонтьев А. Н., О формировании способностей. Доклад на I съезде Общества психологов в Москве (29 июня—4 июля 1959). «Вопросы психологии», 1960, № 1.
698. Леонтьев А. Н., Биологическое и социальное в психике человека. Доклад на XVI Международном психологическом конгрессе, август 1960 г., «Вопросы психологии», 1960, № 6.
699. Леонтьев А. Н., Проблемы развития психики, М., «Мысль», 1965.
700. Леонтьев А. Н. и Кринчик Е. П., Применение теории информации в психологических исследованиях. «Вопросы психологии», 1961, № 5.
701. Леонтьев А. Н. и Кринчик Е. П., О некоторых особенностях процесса переработки информации человеком. «Вопросы психологии», 1962, № 6.
702. Леонтьев А. Н., Кринчик Е. П., Переработка информации человеком в ситуации выбора. В кн.: «Инженерная психология», под ред. А. Н. Леонтьева, В. П. Зинченко и Д. Ю. Панова, М., Изд-во МГУ, 1964.
- 703*. Леонтьев К. Л., Лернер А. Я. и Ошанин Д. А., О некоторых задачах исследования системы «человек и автомат». «Вопросы психологии», 1961, № 1.
704. «Липецкий опыт рациональной организации урока», под ред. М. А. Данилова, В. П. Стрезикозина, И. А.

Пономарева, М., Учпедгиз, 1963.

705. Липкина А. И., Абстрагирование учащимися свойств объектов неживой природы. В сб.: «Психология применения знаний к решению учащимися задач», под ред. Н. А. Менчинской, М., Изд-во АПН РСФСР, 1958.
706. Липкина А. И., Развитие мышления на уроках объяснительного чтения, М., Изд-во АПН РСФСР, 1961.
707. Ломизов А. Ф., Методика пунктуации в связи с изучением синтаксиса, М., «Просвещение», 1964.
- 708*. Ломов Б. Ф., Человек и техника. Очерки инженерной психологии. Л., Изд-во ЛГУ, 1963.
- 709*. Лордкинанидзе Д. О., Принципы, организация и методы обучения, М., Изд-во АПН РСФСР, 1957.
- 710*. Лурия А. Р., Развитие конструктивной деятельности дошкольника. В сб.: «Вопросы психологии ребенка дошкольного возраста», под ред. А. Н. Леонтьева и А. В. Запорожца, М.—Л., Изд-во АПН РСФСР, 1948.
711. Лурия А. Р. и Цветкова Л. С., Программирование конструктивной деятельности при локальных поражениях мозга. «Вопросы психологии», 1965, № 2.
- 712*. Люблинская А. А., Причинное мышление ребенка в действии. «Известия АПН РСФСР», вып. 17, 1948.
- 713*. Люблинская А. А., Очерки психического развития ребенка, М., Изд-во АПН РСФСР, 1959.
714. Ляпин Н. Н., Мысли о работе учителя, М., «Просвещение», 1965.
- 715*. Матюшкин А. М., Исследование психологических закономерностей процесса анализа. «Вопросы психологии», 1960, № 3.
716. Машбиц Е. И., Формирование обобщенных операций как путь подготовки учащихся к самостоятельному решению геометрических задач. «Известия АПН РСФСР», вып. 129, 1963.
717. Менчинская Н. А., Психология усвоения понятий. «Известия АПН РСФСР», вып. 28, 1950.
718. Менчинская Н. А., К проблеме психологии усвоения знаний. «Известия АПН РСФСР», вып. 61, 1954.
719. Менчинская Н. А., Некоторые вопросы применения знаний на практике. «Вопросы психологии», 1955, № 1.
720. Менчинская Н. А., Психология обучения арифметике, М., Учпедгиз, 1955.
721. Менчинская Н. А., Введение в сб.: «Психология применения знаний к решению учебных задач», под ред. Н. А. Менчинской, М., Изд-во АПН РСФСР, 1958.
722. Менчинская Н. А., Введение в сб.: «Применение знаний в учебной практике школьников», под ред. Н. А. Менчинской, М., Изд-во АПН РСФСР, 1961.
723. Микулинская М. Я., К вопросу об ориентировочных признаках главных членов предложения. «Доклады АПН РСФСР», 1960, № 2.
724. Миллер Д., Галантер Ю., Прибрам К., Планы и структура поведения, М., «Прогресс», 1964.
- 725*. Милерян Е. А., Психологические особенности решения некоторых конструктивных задач в старших классах средней школы. «Вопросы психологии», 1964, № 2.
726. Мингазов Э. Г., Вопросы усиления самостоятельности и активности учащихся на уроках математики. В сб.: «Об условиях развития познавательной самостоятельности и активности учащихся на уроках», под ред. М. А. Данилова, Казань, Таткнигоиздат, 1963.
727. Москаленко К. А., Комментированные упражнения, Липецк, Изд-во газеты «Ленинское знамя», 1961.
- 728*. Назарова Л. К., Активизация обучения правописанию на основе учета индивидуальных особенностей учащихся в III и IV классах, М., Изд-во АПН РСФСР, 1962.
- 729*. Назарова Л. К., Обучение грамоте на основе учета индивидуальных особенностей учащихся, М., «Просвещение», 1965.
730. Непомнящая Н. И., Роль обучения в компенсации некоторых нейродинамических дефектов у умственно отсталых детей. «Вопросы психологии», 1957, № 2.
731. Непомнящая Н. И., К вопросу о психологических механизмах формирования умственного действия. «Доклады АПН РСФСР», 1957, № 2.
732. Никитин Н. Н., Геометрия. Учебник для 6—8-го классов, М., Учпедгиз, 1964.
733. Оконь В., Процесс обучения, М., Учпедгиз, 1962.
734. «О повышении успеваемости школьников и принцип значимости в психологии». «Ученые записки Московского городского педагогического института им. В. П. Потемкина», т. 69, вып. 4, ч. I, М., 1958.
735. Орлова А. М., Психология овладения понятием «подлежащее». «Известия АПН РСФСР», вып. 28, 1950.
736. Орлова А. М., Психологические условия дифференцирования учащимися главных типов простого предложения. «Известия АПН РСФСР», вып. 78, 1956.
737. Орлова А. М., Усвоение синтаксических понятий учащимися (очерки), М., Изд-во АПН РСФСР, 1961.
- 738*. Ошанин Д. А. и Панов Д. Ю., Человек в автоматических системах управления. «Вопросы философии», 1961, № 5.
739. Пантина Н. С., Формирование двигательного навыка письма в зависимости от типа ориентировки в задании. «Вопросы психологии», 1957, № 4.
740. Павлов И. П., Динамическая стереотипия высшего отдела головного мозга. Полное собрание сочинений, М.—Л., Изд-во АН СССР, 1951, т. III, кн. 2.
741. Павлов И. П., Физиология высшей нервной деятельности. Там же.
742. Павлов И. П., Физиология и патология высшей нервной деятельности. Там же.
743. Павлов И. П., Характеристика корковой массы больших полушарий с точки зрения изменений возбудимости ее отдельных пунктов. Там же.
744. Павлов И. П., Лекции о работе больших полушарий головного мозга. Там же, т. IV.
745. «Павловские среды», т. II, М.—Л., Изд-во АН СССР, 1949.

746. «Павловские среды», т. III, М.—Л., Изд-во АН СССР, 1949.
- 747*. Петрова Е. Н., Материалы к изучению сложного предложения в VII классе, Л., тип. Промполиграф, 1938.
- 748*. Петрова В. И., О соотношении орфографического правила и навыка. «Вопросы психологии», 1957, № 2.
749. Пиаже Ж. и Инельдер Б., Генезис элементарных логических структур. Классификации и сериации, М., Изд-во иностр. лит., 1963.
750. Пойа Д., Как решать задачу, М., Учпедгиз, 1961.
751. Покровский В. К., Развитие у учащихся умения производить простейшие логические операции. В сб.: «Вопросы психологии обучения и воспитания в школе», под ред. З. И. Калмыковой, М., Изд-во АПН РСФСР, 1956.
752. Полякова А. В., О выработке у учащихся навыков самостоятельного применения орфографических правил (на материале обучения сходным правилам в V—VI классах). «Известия АПН РСФСР», вып. 115, 1961.
753. Полякова А. В., Формирование у школьников рациональных способов мышления в процессе усвоения знаний (на материале русского языка). В сб.: «Обучение школьников приемам самостоятельной работы», под ред. М. А. Данилова и Б. П. Есипова, М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
- 754*. Пономарев Я. А., Психология творческого мышления, М., Изд-во АПН РСФСР, 1960.
755. Потапова А. К., Развитие логического мышления учащихся на уроках грамматики в III классе. В сб.: «О повышении сознательности учащихся в обучении», под ред. М. А. Данилова, М., Изд-во АПН РСФСР, 1957.
756. Потоцкий А. В., О педагогических основах обучения математике, М., Учпедгиз, 1963.
- 757*. Прангншвили А. С., Психологическая наука в Грузии (к 40-летию установления Советской власти). «Вопросы психологии», 1961, № 4.
- 758*. Преображенская Л. Ф., Об активизации методов объяснения нового материала по грамматике. В сб.: «Из опыта работы учителей русского языка», М., Учпедгиз, 1953.
- 759*. Преображенская Е. П. и Адрианова М. Е., Предупреждение орфографических и пунктуационных ошибок в VI—VII классах (Из опыта работы), М., Учпедгиз, 1959.
- 760*. «Проблемы способностей», под ред. В. Н. Мясищева, М., Изд-во АПН РСФСР, 1962.
761. Провоторова В. Н., Пути повышения эффективности уроков математики. В сб.: «Липецкий опыт рациональной организации урока», под ред. М. А. Данилова и др., М., Учпедгиз, 1963.
762. «Психология детей дошкольного возраста» (Глава V, «Развитие мышления»), под ред. А. В. Запорожца и Д. Б. Эльконина, М., «Просвещение», 1964.
- 763*. «Психология решения учащимися производственно-технических задач», под ред. Н. А. Менчинской, М., «Просвещение», 1965.
764. «Психология усвоения грамматики и орфографии», под ред. Д. Н. Богоявленского, М., Изд-во АПН РСФСР, 1961.
- 765*. «Развитие учащихся в процессе обучения», под ред. Л. В. Занкова, М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
- 766*. Разумовская М. К., Уроки русского языка в седьмом классе. Методические разработки, М., Учпедгиз, 1957.
767. Репкин В. В., Формирование орфографического навыка как умственного действия. «Вопросы психологии», 1960, № 2.
768. Решетников В. И., Формирование приемов абстрагирования и умственное развитие учащихся. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата пед. наук (по психологии), М., 1964.
769. Решетова З. А., Типы ориентировки в задании и типы производственного обучения. «Доклады АПН РСФСР», 1959, № 5.
- 770*. Рождественский Н. С., Обучение орфографии в начальной школе, М., Учпедгиз, 1960.
- 771*. Рошка Ал., Условия, способствующие абстрагированию и обобщению. «Вопросы психологии», 1958, № 6.
772. Рубинштейн С. Л., Проблема деятельности и сознания в системе советской психологии. «Ученые записки МГУ», вып. 90, М., 1945.
773. Рубинштейн С. Л., Основы общей психологии, М., Учпедгиз, 1946.
- 774*. Рубинштейн С. Л., Бытие и сознание. О месте психического во всеобщей взаимосвязи явлений материального мира, М., Изд-во АН СССР, 1957.
775. Рубинштейн С. Л., О мышлении и путях его исследования, М., Изд-во АН СССР, 1958.
776. Русов Ю. В., Психологический анализ процессов решения геометрических задач на построение. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата пед. наук (по психологии), Горький, 1955.
777. Сабурова Г. Г., Психологический анализ применения орфографических правил разного типа. «Доклады АПН РСФСР», 1958, № 4.
778. Сабурова Г. Г., Психологические особенности этапов применения некоторых орфографических правил учащимися начальных классов. В сб.: «Психология усвоения грамматики и орфографии», под ред. Д. Н. Богоявленского, М., Изд-во АПН РСФСР, 1961.
779. Самарин Ю. А., Стиль умственной работы старших школьников. «Известия АПН РСФСР», вып. 17, 1948.
780. Самарин Ю. А., Очерки психологии ума, М., Изд-во АПН РСФСР, 1962.
- 781*. Сверчкова Р. Т., К характеристике постановки технического диагноза. «Вопросы психологии», 1963, № 2.
782. «Связь обучения с жизнью, с трудом учащихся», под ред. П. Р. Атутова, М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
783. «Связь обучения в восьмилетней школе с жизнью», под ред. Э. И. Монозона и М. Н. Скаткина, М., Изд-во АПН РСФСР, 1962.
784. Семенович А. Ф. и Воробьев Г. В., Первые уроки геометрии (Из опыта работы учителя), М., Учпедгиз, 1958.
785. Скаткин М. Н., Формализм в знаниях учащихся и пути его преодоления, М., изд. ЦИПКРРО, 1947.

786. Скаткин М. Н., О дидактических основах связи обучения с трудом учащихся, М., Учпедгиз, 1960.
787. Скаткин М. Н., Активизация познавательной деятельности учащихся в обучении, М., изд. Научно-исследовательского ин-та общего и политехнического образования АПН РСФСР, 1965.
788. Скипин Г. В., О системности в работе больших полушарий. «Труды физиологических лабораторий им. акад. И. П. Павлова», т. VIII, 1938.
- 789*. Скобелев Г. Н., Предварительные самостоятельные работы учащихся по математике в старших классах. В сб.: «Самостоятельная работа учащихся на уроках», под ред. Б. П. Есипова, М., Изд-во АПН РСФСР, 1960.
790. Скрипченко А. В., Формирование обобщенных способов решения арифметических задач у младших школьников. «Вопросы психологии», 1963, № 4.
- 791*. Славина Л. С., Психологический анализ обучения пунктуации. «Советская педагогика», 1939, № 1.
792. Славина Л. С., Психологические условия повышения успеваемости у одной из групп отстающих школьников I класса. «Известия АПН РСФСР», вып. 36, 1951.
- 793*. Славина Л. С., О некоторых особенностях умственной работы неуспевающих школьников. «Доклады на совещании по вопросам психологии», М., Изд-во АПН РСФСР, 1954.
794. Славина Л. С., Индивидуальный подход к неуспевающим и недисциплинированным ученикам, М., Изд-во АПН РСФСР, 1958.
- 795*. Славская К. А., Процесс мышления и актуализация знаний. «Вопросы психологии», 1959, № 3.
- 796*. Славская К. А., Процесс мышления и использования знаний. В сб.: «Процесс мышления и закономерности анализа, синтеза и обобщения», под ред. С. Л. Рубинштейна, М., Изд-во АН СССР, 1960.
- 797*. Смирнов А. А., Вопросы усвоения понятий школьниками. «Советская педагогика», 1946, № 8—9.
798. Смирнов А. А., Влияние направленности и характера деятельности на запоминание. «Труды института психологии АН ГрузССР», Тбилиси, 1945.
799. Смирнов А. А., Психология запоминания, М., Изд-во АПН РСФСР, 1948.
- 800*. Соколов А. Н., Графическое сопоставление логически предполагаемого и фактического хода решения задач. «Вопросы психологии», 1961, № 6.
801. Соколов Е. Н., Восприятие и условный рефлекс, М., Изд-во МГУ, 1958.
802. Соколов Е. Н., Вероятностная модель восприятия. «Вопросы психологии», 1960, № 2.
- 803*. Соловьев И. М., К психологии узнавания. «Советская педагогика», 1943, № 2.
- 804*. «Способности и интересы», под ред. Н. Д. Левитова и В. А. Крутецкого, М., Изд-во АПН РСФСР, 1962.
- 805*. Степанов А. В., К вопросу о математическом развитии школьника. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук (по психологии), М., 1952.
806. Столяров И., Развитие логического мышления учащихся в процессе занятий по грамматике. «Русский язык в школе», 1952, № 5.
807. Стрезикозин В. П., Организация процесса обучения в школе, М., «Просвещение», 1964.
808. Султанхужанова Л. М., Индивидуальный подход в работе с учащимися I — II классов. В сб.: «Вопросы психологии обучения и воспитания», под ред. З. И. Калмыковой, М., Изд-во АПН РСФСР, 1956.
809. Сухобская Г. С., Об автоматизации умственных действий. «Вопросы психологии», 1958, № 3.
810. Талызина Н. Ф., Особенности умозаключений при решении геометрических задач. «Известия АПН РСФСР», вып. 80, 1957.
811. Талызина Н. Ф., Усвоение существенных признаков понятий при организации действия испытуемых. «Доклады АПН РСФСР», 1957, № 2.
812. Талызина Н. Ф., Пути формирования начальных научных понятий. «Доклады АПН РСФСР», 1960, № 4.
813. Талызина Н. Ф., Николаева В. В., Зависимость формирования геометрических понятий от исходной формы действия. «Доклады АПН РСФСР», 1961, № 6.
814. Талызина Н. Ф., Буткин Г. А., Опыт обучения геометрическому доказательству. «Известия АПН РСФСР», вып. 133, 1964.
- 815*. Текучев А. В., Методика преподавания русского языка в средней школе, М., Учпедгиз, 1958.
816. Текучев А. В., Грамматический разбор в школе, М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
817. Терехова О. П., К вопросу о формировании начальных физических понятий. «Вопросы психологии», 1962, № 2.
818. Тихомиров О. К., Решение мыслительных задач как вероятностный процесс. «Вопросы психологии», 1961, № 5.
819. Тихомиров О. К., Исследование оптимальных способов проверки гипотез в норме и патологии. «Доклады АПН РСФСР», 1961, № 4, 5, 6, 1962, № 1.
820. Тихомиров О. К., Распознавание систем сигналов. «Доклады АПН РСФСР», 1962, № 4.
821. Тихомиров О. К., Велик Я. Я., Познянская Э. Д., Турченкова Н. Х., Опыт применения теории информации к анализу процесса решения мыслительных задач человеком. «Вопросы психологии», 1964, № 4.
822. Торндайк Э. Л., Процесс учения у человека, М., 1935.
823. Устрицкий И. В., Большой вопрос. О системе и методике обучения пунктуации. «Русский язык в школе», 1936, № 4.
- 824*. Ушаков М. В., Методика правописания. Пособие для учителей, М., Учпедгиз, 1959.
- 825*. Фаткин Л. В., Общие понятия теории информации и их применение в психологии и психофизиологии. В кн.: «Инженерная психология», под ред. А. Н. Леонтьева, В. П. Зинченко и Д. Ю. Панова, М., Изд-во МГУ, 1964.

826. Федоренко Л. П., Упражнения для закрепления знаний по грамматике, М., Учпедгиз, 1955.
827. Федоренко Л. П., Принципы и методы обучения русскому языку, М., «Просвещение», 1964.
828. Фейгенберг И. М., Вероятностное прогнозирование в деятельности мозга. «Вопросы психологии», 1963, №2.
829. Фейгенберг И. М. и Леви В. Л., Вероятностное прогнозирование и экспериментальное исследование его при патологических состояниях. «Вопросы психологии», 1965, № 1.
830. Фирсов Г. П., Наблюдения над звуковой и интонационной стороной речи на уроках русского языка, М., Изд-во АПН РСФСР, 1959.
831. Фирсов Г. П., Значение работы над интонацией для усвоения синтаксиса и пунктуации в школе, М., Изд-во АПН РСФСР, 1962.
832. Флешнер Э. А., Психология усвоения и применения школьниками некоторых физических понятий. В сб.: «Психология применения знаний к решению учебных задач», под ред. Н. А. Менчинской, М., 1958.
- 833*. Флешнер Э. А., Возрастные особенности абстрагирования в процессе применения знаний. «Вопросы психологии», 1964, № 2.
834. Фрейдкин И. С., К методике преподавания второго закона Ньютона в средней школе. «Доклады АПН РСФСР», 1962, № 3.
835. Фрейдкин И. С., К методике преподавания темы «Теплота и работа». «Известия АПН РСФСР», вып. 138, 1965.
- 836*. Хлебникова А. В., Организация и методика преподавания русского языка в V—VIII классах, М., Учпедгиз, 1960.
- 837*. Чебышева В. В., О некоторых особенностях мыслительных задач в труде рабочих. «Вопросы психологии», 1963, № 2.
838. Шакшинская Е. Н., Опыт проведения самостоятельной работы учащихся по учебнику при изучении нового материала. В сб.: «Об условиях развития познавательной самостоятельности и активности учащихся на уроках», под ред. М. А. Данилова, Казань, Таткнигоиздат, 1963.
839. Шардаков М. Н., Мышление школьника, М., Учпедгиз, 1963.
840. Шеварев П. А., Некоторые замечания к проблеме ассоциаций. «Известия АПН РСФСР», вып. 80, 1957.
841. Шеварев П. А., Обобщенные ассоциации в учебной работе школьника, М., Изд-во АПН РСФСР, 1959.
842. Шеварев П. А., К вопросу о структуре восприятий. «Известия АПН РСФСР», вып. 120, 1962.
843. Шеварев П. А. Некоторые вопросы психологии зрительных восприятий. В сб. «Зрительные восприятия», под ред. П. А. Шеварева, М., «Просвещение», 1964.
- 844*. Шемякин Ф. Н., Некоторые проблемы современной психологии мышления и речи. В сб.: «Мышление и речь», под ред. Н. И. Жинкина и Ф. Н. Шемякина, М., Изд-во АПН РСФСР, 1963.
845. Шеншев Л. В., Общие моменты мышления в процессах усвоения математики и иностранного языка. «Вопросы психологии», 1960, № 4.
846. Шехтер М. С., Изучение механизмов симультанного узнавания. «Доклады АПН РСФСР», 1961, № 2, 5, 1963, № 1.
847. Шехтер М. С., Некоторые теоретические вопросы психологии узнавания. «Вопросы психологии», 1963, №4.
- 848*. Шиф Ж. И., Очерки психологии усвоения русского языка глухонемыми школьниками, М., Учпедгиз, 1954.
- 849*. Щедровицкий Г. П. и Алексеев Н. Г., О возможных путях исследования мышления как деятельности. «Доклады АПН РСФСР», 1957, № 3.
- 850*. Щедровицкий Г. П., Исследование мышления детей на материале решений арифметических задач. В кн.: «Развитие познавательных и волевых процессов у дошкольников», под ред. А. В. Запорожца и Я. З. Неверович, М., «Просвещение», 1965.
851. «Экспериментальные исследования по психологии установки», Тбилиси, Изд-во АН ГрузССР, т. I, 1958; т. II, 1963.
852. Элинзон В. Б., Формирование приемов умственной работы в курсе географии. В сб.: «Наш опыт учебно-воспитательной работы в школе», под ред. Т. И. Данюшевской и В. И. Самохваловой, М., Изд-во АПН РСФСР, 1962.
- 853*. Элькин Д. Г., Восприятие времени и опережающее отражение. «Вопросы психологии», 1964, № 3.
854. Эльконин Д. Б., Формирование умственного действия звукового анализа слов у детей дошкольного возраста. «Доклады АПН РСФСР», 1957, № 1.
855. Эльконин Д. Б., Детская психология, М., Учпедгиз, 1960.
- 856*. Эльконин Д. Б., Экспериментальный анализ начального этапа обучения чтению. В сб.: «Вопросы психологии учебной деятельности младших школьников», М., Изд-во АПН РСФСР, 1962.
857. Эрдниев П. Н Развитие навыков самоконтроля при обучении математике, М., Учпедгиз, 1957.
- 858 Эрдниев П. Н., Сравнение и обобщение при обучении математике, М., Учпедгиз, 1960.
859. Яковбсон П. М., Особенности мышления учащихся при выполнении технических заданий. В сб.: «Психология применения знаний к решению учебных задач», под ред. Н. А. Менчинской, М., Изд-во АПН РСФСР
860. Яковлев Ф. И., Решение познавательных практических задач на уроке (на опыте преподавания физики). «Советская педагогика» 1959 № 9.
- 861*. Якиманская И. С., Восприятие и понимание учащимися чертежа и условия задачи в процессе ее решения. В сб.: «Применение знаний в учебной практике школьников», под ред. Н. А. Менчинской, М., Изд-во АПН
862. Ярошук В. Л., Роль осознания типовых признаков при решении арифметических задач определенного типа.

«Вопросы психологии», 1959, №1.

863*. Hick W.E., On the rate of gain of information. "Quart. j. exper. psycho.", v. IV, No. 1, 1952.

864. Hyman R., Stimulus information as a determinant of reaction time. «J. exper. psychol.» v. 45, No. 3, 1953.

865. Linhart J., Psychologicke problemy teorie učeni Praha 1965 Резюме на англ. яз.

866*. Quastler H. (ed.), «Information theory in Psychology» Clencoe, 1955.

867. Woodworth R. S. and Schlosberg H. Experimental Psychology. N. Y.-London, 1955.

Лев Нахманович Ланда
АЛГОРИТМИЗАЦИЯ В ОБУЧЕНИИ
Редактор **М. В. Парфентьев**
Художник **В. Давыдов**
Художественный редактор **И. Н. Вахлин**
Технический редактор **В. В. Новоселова**
Корректор **К. А. Иванова**

Сдано в набор 16/XI 1965 г. Подписано к печати 10/111 1966 г. 60X90Vie. Печ. л. 32,75. Уч.-изд. л. 35,73. Тираж 6000 экз. (Тем. пл. 1965 г. № 93). А 13852. Заказ № 3156. Издательство «Просвещение» Комитета по печати при Совете Министров РСФСР. Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41. Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР. Москва, Ж-54, Валовая, 28. Цена без переплета 1 р. 43 к., переплет 12 к. Отпечатано с матриц в областной типографии Ивановского управления по печати. Заказ 2604.