Дидактика

Образование
Педагогические
науки

Г. А. БАЛЛ

ТЕОРИЯ УЧЕБНЫХ ЗАДАЧ

Психолого-педагогический аспект

Москва
«Педагогика»
1990

ББК 88.8.74.212
Б20

Печатается по решению
Редакционно-издательского совета АПН СССР

Рецензенты:
доктор психологических наук *А. В. Брушлинский,* доктор психологических наук *Л. Л. Гурова,* кандидат педагогических наук Г. *В. Воробьев*

Балл Г. А.
Б20 Теория учебных задач: Психолого-педагогический аспект.— М.: Педагогика, 1990.— 184 с: ил.
70 коп.
ISBN 5-7155-0071-0

В монографии рассматривается структура задач, их место в деятельности субъекта, в том числе осуществляемой в рамках учебно-воспитательного процесса. Характеризуются основные типы задач, а также средстза и способы их решения. Описываются методы оценки сложности и трудности задач. Выясняются возможности использования теории задач для построения эффективного процесса обучения, усиления его развивающего характера.

Для научных работников в области педагогики и психологии.

Б $\frac{4303000000-008}{005(00-90}$ 20„--90 ББК 8S.8.74.212

ISBN 5-7155-0071-0

Светлой памяти моего учителя
Григория Силовича Костюка посвящаю

Введение

Важную роль задач в педагогическом процессе признают все. Однако как объект особого рода они проанализированы недостаточно. Между тем разработка научно обоснованных требований к учебным задачам и их наборам необходима для реализации положений, содержащихся в документах о реформе школы [4] и предусматривающих совершенствование учебников, обеспечение более высокого научного уровня преподавания каждого предмета при одновременном устранении перегрузки учащихся, чрезмерной усложненности учебного материала, повышение эффективности уроков и оказание помощи учащимся в выработке у них самостоятельности мышления. Выполнению этих указаний должно помочь тщательное исследование задач, выяснение их общих свойств и построение их типологии, разработка методов оценки их сложности и трудности, принципов построения наборов учебных задач, в том числе таких, решение которых требует в той или иной степени творчества.

Особую значимость все эти вопросы приобретают в связи с компьютеризацией обучения, прежде всего с использованием компьютера в качестве средства обучения. Ведь если, скажем, последовательность предъявляемых ученику задач должен сконструировать компьютер (не обладающий в отличие от педагога интуицией), то в основу построения такой последовательности должны быть положены четкие научно обоснованные критерии.

Все вопросы, актуальность которых отмечена выше,^ в той или иной форме затрагиваются в настоящей книге, а некоторые из .них служат предметом детального изучения. При этом, однако, мы сочли целесообразным выйти за рамки традиционного педагогического понимания задач, когда последние рассматриваются в качестве специфического (хотя и важного) вида учебных заданий. В книге освещается одно из новых направлений фундаментальных и прикладных исследований в области психологии и педагогики — так называемый задачный подход к исследованию н построению деятельности, в том числе учебной и обучающей. Основная его идея заключается в том, что всю деятельность субъектов, в том числе учащихся и учителей, целесообразно описывать и проектировать как систему процессов решения разнообразных задач. Результативность обучения в конечном счете определяется тем, какие именно задачи, в какой последовательности и какими способами решают учителя и учащиеся. Поэтому излагаемая в книге система качественных и количественных характеристик, описывающих задачи (трактуемые в указанном широком смысле), а также средства и способы их решения, может облегчить построение эффективного процесса обучения (конечно, при условии углубленной проработки этих вопросов в плане соответствующих частных методик).

* * *

Охарактеризуем несколько обстоятельнее в историческом и содержательном плане те предпосылки, из которых мы исходили в исследовании, нашедшем отображение в настоящей монографии.

Отметим прежде всего, что до последнего времени задачи исследовались, главным образом, в рамках изучения процессов их решения— изучения, осуществляемого наиболее широко в психологии мышления, и в методике математики. В настоящей книге мы опираем,ся на результаты, полученные в этих областях, а также в иных отраслях психологии, педагогики и в других науках. При этом мы, конечно, используем и работы — до сего времени весьма немногочисленные,—специально посвященные анализу задач {см., например: [223]).

Помимо педагогики и психологии исследованием задач интересуются философия, социология, науковедение, нейрофизиология, логика, математика, кибернетика; этот список не является, конечно, исчерпывающим. В то же время при всем разнообразии исследуемых явлений и используемых научных языков объекты, описываемые в качестве задач, обладают достаточно выраженной спецификой.

Эти обстоятельства, а также выявившаяся значимость категории задачи для актуальных междисциплинарных исследований (в том числе связанных с разработкой обучающих систем на базе компьютеров) дали основание ряду авторов (см., в частности, заключение книги [60]) выступить в начале 70-х гг. с предложением о разработке «проблемологии». Этим термином предлагалось обозначить специальную научную дисциплину, исследующую задачи (а также средства, способы и процессы их решения). Ныне в связи с быстрым становлением общей науки о системах (системологии) представляется целесообразным развивать общую теорию задач как ветвь системологии, рассматривая задачи как особый вид систем.

Разработка теории задач создает необходимые предпосылки для эффективного использования задачного подхода к осуществлению исследований и разработок 'в различных областях. Его сущность (как одной из разновидностей системного подхода) состоит в том, что в каждой рассматриваемой ситуации: а) выделяются системы, представляющие собой задачи, а также системы, обеспечивающие решение этих задач; б) указываются качественные и количественные характеристики выделенных задач, а также средства и способы их решения. Такой подход нашел, в частности, успешное применение в работах, направленных на построение обучающих и решающих систем, использующих диалог человека и компьютера [76], а также на создание систем обработки данных, рассчитанных в основном на непрофессиональных пользователей вычислительных машин [186].

Одним из основных источников эмпирического материала и концептуальных .средств для разработки общей теории, задач и вместе с тем одной из основных сфер, где могут найти применение уже сформированные, ее компоненты, является психологическая наука. Важное значение, которое имеет для нее понятие задачи, широко признано ныне. Это касается не только тех разделов психологии, где процессы решения задач служат традиционным предметом исследования •(как, например, психология мышления или психология обучения), но и многих других областей, в том числе инженерной психологии [128], психофизики [83], психологии личности [5]. Самым различным изучаемым в психологии процессам — начиная от элементарного двигательного акта [24] и кончая жизненным путем личности [127]—ставятся в соответствие задачи, детерминирующие их протекание.

Заметим, однако, что констатация значимости для психологии понятия задачи нередко сопровождается указанием на его нечеткость и отсутствие в связи ся этим приемлемой классификации задач. Термин «задача» (равно как и соответствующие иноязычные термины) употребляется в психологической литературе в самых разных значениях. Чаще всего, в особенности в зарубежной психологии, задача трактуется как некий внешний фактор, детерминирующий активность субъекта. Вместе с тем в ходе разработки теории деятельности, прежде всего в трудах советских психологов М. Я. Басова, С. Л. Рубинштейна, А. Н. Леонтьева, Г. С. Косткжа и других, был развит иной подход к характеристике задач, позволяющий учесть с помощью этого понятия не только внешние, по и внутренние источники активности (он воплощается, например, .в рассмотрении, задачи как совокупности цели субъекта и условий, в которых она дана [121]). Задача оказывается при этом одним из центральных для психологической науки понятий, иначе говоря, одной из категорий психологии [111].

Как следует из сказанного выше, рассматриваемая категория охватывает задачи, не только внешние по отношению к субъекту, но и внутренние для пего (в том числе те, которые приняты им извне, и те, которые сформированы им самим). Наряду с мыслительными задачами рассматриваются перцептивные, мнемические, имажинативные, речевые, двигательные и т. д.; наряду с четкими, хорошо определенными вводятся в рассмотрение также и нечеткие, расплывчатые; наряду со сформулированными в речевой или иной знаковой форме — также и те, которые не получили такой формулировки (а значит, формулируются только исследователем; они обычно описываются в психологической литературе под на-j званием проблемных ситуаций). Разумеется, такая широта охвата объектов полезна лишь при условии должной четкости используемого понятийного аппарата. Для'ее достижения желательно, на наш взгляд, опереться на систему понятий общей теории задач. (Напомним, что при ее построении используются данные как психологии, так и ряда других наук, в том числе в большей степени формализованных.)

Если понятие задачи трактуется достаточно широко, то деятельность субъекта может быть представлена как система процессов решения задач. Подчеркнем что это касается не только нормативных, но и творческих компонентов деятельности: в задачах, фактически решаемых субъектом, находят выражение не только требования, поставленные перед ним извне, но и устремления его личности.

Выделение решаемых субъектом задач, а также средств и способов их решения, установление качественных и количественных характеристик этих задач помогают исследованию и проектированию деятельности. Расширяются, в частности, возможности выделения ее возрастных, индивидуальных и прочих особенностей, сопоставления задач, фактически решаемых субъектом, с задачами, которые поставлены перед ним или должны решаться им в данной ситуации.

Перейдем теперь к рассмотрению места категории «задача» в педагогике. Именно в области педагогической практики и педагогической теории (в особенности в практике и теории математического образования) исследование задач имеет самые давние традиции. Достигнутые при этом результаты служат одним из основных источников идей и понятий общей теории задач. Вместе с тем привлечение данных логики и психологии, так же как и элементов создаваемой общей теории задач, к анализу задач, рассматриваемых в традиционно-педагогическом смысле (в частности, сюжетных математических задач), переводит такой анализ на качественно новый уровень [22; 106; 223]. Благодаря этому удается формировать научно обоснованные понятия о математических задачах не только у учителей, но и у школьников. В результате повышается уровень рациональности и осознанности их учебных действий, что способствует их умственному развитию.

Отметим и другой аспект рассматриваемой проблемы. Издавна играя в педагогике важную роль, понятие задачи носило все же частный характер, термин «задача» употреблялся в основном для описания определенных форм учебного материала и учебных заданий. Однако в последние десятилетия, главным 'збразом, под влиянием обобщенной трактовки рассматриваемого понятия, развитой в рамках психологии, такая трактовка проникает и ,в педагогику, прежде всего в дидактику. В этой связи обращается внимание на то, что «движущей силой учебного процесса является противоречие между выдвигаемыми ходом обучения познавательными и практическими задачами и наличным уровнем знаний, умений и умственного развития школьников», что учитель должен, «вооружая знаниями учащихся, последовательно подводить их ко все более усложняющимся задачам...». Подчеркивается важность того, чтобы поставленная учителем познавательная задача оказалась «собственной задачей самих учащихся», более того — чтобы она «превращалась в цепь внутренне связанных задач, которые вызывают собственное стремление школьников к познанию нового, неизвестного и к применению этого познанного в жизни» [71, с. 93, 94, 101]. А вот цитата из более новой работы по дидактике: «Руководимый педагогом процесс решения задачи, возникающие в этом процессе отношения, используемые средства и полученные результаты составляют структурную единицу процесса обучения» [86, с. 28].

Характеристике задач (в широком смысле этого слова), решаемых учащимися, а также задач, решаемых учителями в ходе их деятельности по обучению и воспитанию школьников, уделяется все большее внимание в педагогических исследованиях (см., например: [81; 85; 149; 174]). При этом, однако, используемый концептуальный аппарат остается недостаточно разработанным; соотношения между такими понятиями, как «учебная задача», «дидактическая задача», «познавательная задача», «проблемная задача» и т. д., определяются разными авторами по-разному. Это затрудняет сопоставление и обобщение результатов различных исследований, а значит, и их практическое применение. Есть основания полагать, что использование средств общей теории задач окажется в этой ситуации полезным.

Для того чтобы понятия указанной теории эффективно «работали» в психолого-педагогической области, надо построить достаточно густую понятийную сеть — это даст надежду приблизиться с ее помощью к отражению противоречивой сущности изучаемых процессов и характерных для них непрерывных качественных переходов[1]. Уплотнение понятийной сети

[1] Л. В. Брушлинский [43] характеризует такого рода процессы с помощью понятия «недизъюнктивность».

каф. психологии

достигается с помощью известного в методологии науки приема — «расщепления понятий (на два или большее их число) в соответствии с различными возможными оттенками смысла» [248, с. 11]. Мы будем широко пользоваться этим приемом, так же как и другим столь же известным приемом — обобщением понятий, — как бы расширяющим «площадь» понятийной сети, что позволяет описать с ее помощью больший диапазон явлений.

Настоящая книга состоит из шести глав. В главе 1 дается характеристика общенаучных понятий, необходимых, по нашему мнению, для построения теории задач. В главе 2 анализируется сущность задачи как системы особого рода и выясняется место задач в деятельности. Основные типы задач являются предметом рассмотрения в главе 3. Наибольшая по объему глава 4 посвящена в основном познавательным задачам. Количественные характеристики задач, в первую очередь уровни их трудности и сложности, исследуются в главе 5.

Таким образом, в первых пяти главах книги изложение строится в соответствии с логикой развертывания системы понятий общей теории задач. Этим понятиям дается, конечно, психологическая и педагогическая интерпретация. Выдвигаемые положения иллюстрируются и комментируются, главным образом, на примерах из области школьного обучения, а также на материале педагогических и психологических исследований его проблем. В связи с рассмотрением качественных и количественных характеристик задач и анализом средств их решения высказываются соображения о целесообразности использования в обучении различных типов задач, о способах оценки учебных достижений и умственного развития учащихся и по ряду других дидактических вопросов.

Последняя глава посвящена педагогической проблематике уже непосредственно. Здесь выясняются возможности применения категории «задача» для анализа учебно-воспитательного процесса и совершенствования понятийного аппарата дидактики, раскрывается сущность задачного подхода к построению обучения и кратко описываются некоторые конкретные разработки, осуществленные на основе этого подхода.

Глава 1

Исходные понятия теории задач

> Мы должны признать, что ни один опытный факт не может быть сформулирован помимо некоторой системы понятий и что всякая кажущаяся дисгармония между опытными фактами может быть устранена только путем надлежащего расширения этой системы понятий.
>
> *Нильс Бор* [38, с. 114]

Прежде чем приступить к изложению основного содержания книги, т. е. к характеристике задач, необходимо кратко рассмотреть некоторые общенаучные понятия, которые понадобятся в ходе этого изложения. Речь идет, в частности, о таких понятиях, как «предмет», «система», «структура», «информация», «модель», «знак», «воздействие», «операция». Отнюдь не стремясь к их развернутому анализу и к сопоставлению их различных интерпретаций, существующих в современной науке, мы ограничимся только теми трактовками, которые желательно, на наш взгляд, использовать для построения теории задач.

§ 1.1. Предметы и системы

Начнем с весьма широкого понятия *предмета.* Как это принимается обычно в современной логико-философской литературе, мы будем понимать под предметом все то, на что направлена мысль исследователя, «все, что может быть как-то воспринято, названо и т. д.» [107, с. 474]. Предметы, трактуемые в указанном смысле, могут быть не только материальными, но и идеальными, как, например, понятия, суждения, психические образы. Наряду с единичными *(индивидуальными)* предметами рассматриваются *родовые* (например, любой стол, любое уравнение). Иногда также оказывается удобным трактовать отсутствие предмета как особый, частный вид предмета *(пустой* предмет).

В некоторых случаях мы будем пользоваться понятием *объекта,* считая его тогда еще более широким по сравнению с понятием предмета. Всякий предмет можно назвать объектом (и мы будем иногда

тулать так из стилистических соображений), но ъект является предметом, только если он выделен «следователем, зафиксировавшим те или иные его зойства. Некоторые из последних могут появляться или исчезать, обусловливая переход предмета из одного *состояния* в другие. Так, «человек может пересить волосы, оставаясь тем же самым человеком» [219 с. 357]. Доступные непосредственному наблюдению свойства называют *признаками.*

Предметы могут претерпевать *изменения.* Всякое изменение предмета может быть описано либо как смена его состояния, либо как его превращение в иной предмет. Введение в рассмотрение пустых предметов позволяет рассматривать возникновение и исчезновение предметов как частные виды их изменений.

Перейдем теперь от отдельных предметов к их совокупностям. Для такой совокупности часто может быть указано *отношение,* в котором находятся составляющие его предметы. Так, например, для любых трех различных точек на прямой всегда имеет место отношение, состоящее в том, что одна из них находится между двумя другими.

Частным видом отношений являются *связи.* Два или большее число предметов можно считать связанными, если свойства одного (одних) из них зависят от свойств другого (других) из них. Примерами связей в рассматриваемом смысле могут служить жесткие и гибкие механические связи между твердыми телами, а также функциональные и стохастические (вероятностные) зависимости между величинами.

Множество предметов, рассматриваемое исследователем вместе с интересующими его отношениями между этими предметами, принято называть *системой,* а предметы, образующие указанное множество, — *компонентами* этой системы. В частности, можно говорить о системе трех точек на прямой (мы специально выбрали такой, не слишком типичный пример, чтобы подчеркнуть общность понятия системы). Но, скажем, «кусочек сыра, ненависть и марковский процесс[1], вместе взятые» (пример М. Тода

[1] Это понятие используется в теории вероятностей.

и Э. Х. Шуфорда [216, с. 366]), вряд ли будут рассматриваться в качестве системы, так как трудно выделить отношения, которые имели бы место между названными предметами и при этом представляли интерес для исследователя.

В некоторых случаях удобно рассматривать в качестве частных видов систем определенных типов та! кие «вырожденные» случаи, когда в системе имеется всего один компонент. Так, например, в социологии и демографии иногда говорят о «семьях», состоящих из одного человека, сопоставляя их с настоящими семьями.

Разумеется, всякую систему можно трактовать как некоторый единый предмет, в котором выделены те или иные компоненты, связанные между собой некоторыми отношениями. Как и любые предметы, системы могут быть индивидуальными и родовыми.

Часто оказывается полезным рассматривать иерархию систем, в которой система каждого ниже-,] лежащего уровня *(подсистема)* выступает в качества компонента системы более высокого уровня.

Нас будут интересовать следующие титш свойств"; системы.

1. *Структурные* свойства. Они характеризуют; а) отдельные компоненты системы, рассматриваемые каждый как единое целое; б) отношения между ,компшнентами системы; в) отношения между отдельными компонентами и системой в целом (например, обязательность наличия в системе одних компонентов и необязательность других).

2. *Функциональные* свойства. Они характеризуют систему как единое целое, в том числе с точки зрения ее способности находиться в определенных отно-^ •шениях с существующими вне ее предметами. К функциональным относятся, в частности, свойства, характеризующие *функционирование* системы. Последнее' понятие охватывает происходящие с ней как с единым целым изменения, а также воздействия, оказыЛ ваемые ею на находящиеся вне ее предметы [1].

3. *Субстратные* свойства. Это свойства, характеризующие отдельные компоненты системы, помимо тех свойств, которые вошли в группу «а» структур- ; ных свойств рассматриваемой системы.

[1] Понятие воздействия будет рассмотрено в § 1.4,

т а« для молекулы некоторого вещества, рассмат- - в качестве системы, химические элементы, ризаемои ^ состав, их атомные веса, их валентно-?потенциально возможные и фактически прояв-пшеся в данном случае), количество атомов каж- элемента, их расположение и характер связей «ГТУ'НИМИ относятся к числу структурных свойств; «5Живость молекулы, ее способность к вступлению различные реакции — к числу функциональных «войств- строение атомов, из которых состоит моле- виды и свойства элементарных частиц, входящих'в состав этих атомов, — к числу субстратных свойств.

Структура системы может быть определена как совокупность ее относительно 'устойчивых структурных свойств. К примеру, структурная формула вещества изображает структуру его молекулы, а социограмма — структуру малой социальной группы.

Высокой степенью сходства структур обладают *изоморфные* системы, т. е. такие, между структурными свойствами которых существует взаимно-однозначное соответствие. Прим,ер можно привести тот же: молекула вещества и его структурная формула >(если она, конечно, верна) изоморфны.

Подчеркнем, что структура присуща не вообще любому предмету, а только системе, т. е. предмету, определенным образом .разбитому на компоненты. Поэтому свойства структуры существенным образом зависят от способа такого разбиения. Так, например, «даже небольшая рана меняет структуру организма на клеточном уровне, но не изменяет его структуру на органном уровне» [212, с. 235].

Наиболее общую количественную характеристику структуры некоторой системы принято называть *уровнем сложности* этой системы. Этот уровень тем больше, чем больше компонентов входит в состав системы и чем больше количество и разнообразие свойств этих компонентов и существующих между ними отношений.

§ 1.2. Модели. Информация

К числу систем, обладающих специфическими функциональными свойствами, принадлежат *модели*. Система *В* является моделью системы *А* для активной системы Q (человека-индивида, коллектива, животного, робота и т. п.), если основанием для ее использования этой активной .системой служит ее структурное сходство с моделируемой системой A.

Так, например, структурное сходство топографической карты и определенного участка местности позволяет человеку с помощью карты, ориентироваться на этом участке. Это дает право считать карту его моделью.

Совокупность структурных свойств модели B, которые соответствуют (или предполагаются соответствующими; точнее всего будет сказать: используются системой Q как соответствующие) структурным свойствам системы $Л$, составляет *информацию*, которую модель B несет о моделируемой системе A для активной системы Q [1].

Если в роли системы Q, использующей модель, выступает исследователь, который с целью познания системы A изучает ее модель B, то мы приходим к понятию модели как средства научного исследования. Именно в этом качестве модели чаще всего рассматриваются в литературе.по методологии науки.

Вместе с тем в науках, изучающих функционирование активных систем, — кибернетике, психологии, педагогике, физиологии, лингвистике и ряде других — модели выступают и как предметы исследования. Специфического рода модели служат предметами исследования в математике. Как подчеркивает академик С. Л. Соболев, рассматривая вопросы школьного математического образования, «практическая направленность курса математики в наше время означает прежде всего то, что учащихся надо познакомить с соотношениями между явлениями реального или проектируемого мира и его теоретическими моделями... Курс школьной математики выполнит свою задачу, если удастся объяснить детям, что абстрактная математическая модель, в которой отброшено все несущественное, позволяет глубже понять суть вещей» [203, с. 15].

При целенаправленном создании моделей, в том числе используемых в педагогических целях [33],

[1] Принимаемый нами подход к трактовке понятий «информация» и «модель» детальнее излагается и обосновывается в статьях [15] и [48].

...емятся к тому, чтобы они были изоморфны моделируемым системам. Однако в общее определение модели мы не ввели ссылку на изоморфизм[1], это противоречило бы опыту плодотворного применения в гуманитарных .науках широко трактуемой категории модели (отнюдь не опирающейся на понятие об изоморфизме).

В качестве иллюстрации приведем следующее высказывание Ю. М. Лотмана: «Язык художественного произведения — совсем не «форма», если вкладывать в это понятие представление о чем-то внешнем по отношению к несущему информационную нагрузку содержанию. Язык художественного текста в своей сущности является определенной художественной моделью мира и в этом смысле всей своей структурой принадлежит «содержанию»— несет информацию» [129, с. 26].

Модель может быть как вторична по отношению к моделируемой системе (для обозначения которой в этом случае используются также термины «прототип» и «оригинал»), так и первична по отношению к ней. К примеру, чертеж можно считать моделью изображенного на нем изделия для работающего с этим чертежом человека и тогда, когда чертеж выполнен по готовому изделию, и тогда, когда изделие изготовляется по чертежу. В качестве моделей, первичных по отношению к моделируемым системам, выступают проекты, предписания, прогнозы и т. п.

Подчеркнем, что отношение «быть моделью» связывает три предмета, а именно системы A, B и Q. Поэтому, говоря о модели или о несомой ею информации, необходимо так или иначе фиксировать систему Q, использующую модель.

Это может быть, в частности, родовая система, подчиняющаяся той или иной норме, установленной для систем этого рода. Информацию, которую несет та или иная модель для системы такого типа, будем называть *нормативной*. Так, например, можно говорить о нормативной информации, которую несет топографическая карта об изображенном на ней участке местности, — это информация, которую она несет

[1] Мы не сослались даже на более общее понятие — так называемый гомоморфизм. Это понятие охватывает и случаи одностороннего (не взаимно-однозначного) соответствия между структурными свойствами сопоставляемых систем.

(должна нести) для всякого человека, умеющего читать карту и знакомого с принятой при ее построении системой обозначений.

Пусть система *В* есть модель системы Л для активной системы *Q*. Пусть система *А* состоит из подсистем $A_{и}$ A_{2}, ..., A_{n}, а система *В*— из подсистем $B_{и}$ B_{2}, ... B_{n}, причем каждая подсистема *Bi* (i = 1, 2, ..., я) есть .модель (для системы *Q)* соответствующей подсистемы *А-,*. При этом информация, которую система *В* несет о подсистеме Л; системы А, вообще говоря, не исчерпывается той информацией, которую несет об этой подсистеме соответствующая ей подсистема *Bi* системы *В*. Эту последнюю информацию можно назвать *прямой,* а остающуюся часть информации, которую система *В* несет о подсистеме A_{L} системы *А, — косвенной* информацией о подсистеме $Л_{ь}$

Приведем пример. Изображение или описание какого-либо персонажа из произведения живописи или литературы несет *об* этом персонаже прямую информацию для зрителя или читателя, а другие компоненты произведения, так или иначе связанные с этим изображением или описанием,—-косвенную информацию об упомянутом персонаже.

Информация, которую модель *В* несет о моделируемой системе *А* для активной системы *Q,* может быть охарактеризована: а) своим объемом; б) степенью *адекватности,* т. с. тем, в какой мере структурные свойства модели, используемые в качестве соответствующих структурным свойствам моделируемой системы, действительно им соответствуют[1]; в) степенью *полноты,* .которая при прочих .равных условиях тем больше, чем больше объем и адекватность рассматриваемой информации, и тем меньше, чем сложнее моделируемая система *А*.

Во многих случаях исследователь в силах оценить адекватность или полноту информации, несомой моделью So системе *А,* лишь условно — по отношению не к самой моделируемой системе Л, а к ее эталонной модели $Л_{o}$, которая несет о ней информацию, принимаемую исследователем за вполне адекватную или достаточно полную.

[1] В описываемой системе понятий не учитывается наличие или отсутствие в модели *В* «ложной информации» о системе *А*. В этом отношении большие возможности предоставляет система понятий, разработанная М. Мазуром [131].

Приведем пример. Частным видом полноты информации мож- итать так называемую информативность вторичного доку- но ,та выражающую «степень (меру) адекватного воспроизве- меі дя'в нем основных элементов содержательной и формальной ден т^ктуры первичного документа»[1] [120, с. 4]. С нашей точки ст ния эта характеристика представляет собой безусловную ?,ЛмотУ информации, которую вторичный документ несет о ПРПБИЧНОМ документе для воспринимающей вторичный документ активной системы (человека или автомата). Одновременно информативность вторичного документа можно трактовать как условную полноту информации, которую этот документ несет для той же активной-системы о предмете, описываемом в первичном документе; эталонной моделью, несущей достаточно полную информацию, служит при этом первичный документ.

Модели целесообразно подразделять на материальные, материализованные и идеальные.

Материальные модели отличаются тем, что их субстратные свойства существенно влияют на их функционирование. Характерными примерами здесь могут служить действующие модели машин или, скажем, животные, используемые в медицинских экспериментах в качестве моделей человека.

Материализованные модели также обладают субстратными свойствами, однако их функционирование мало зависит от природного бытия их субстрата.

П. Я. Гальперин говорил о «формировании действия, выполняемого физически, с материальными объектами или их изображениями и письменными обозначениями (.материализованными объектами)» .[52, с. 30]. Здесь вполне подошел бы термин «материализованная модель». Применение материализованных моделей в обучении описывается в работах [34; 196; и др.].

Наконец, *идеальные* модели вообще не обладают субстратными свойствами, поскольку в них осуществлено абстрагирование от субстрата (материальной формы). Можно рассматривать идеальные модели (в том числе образные и понятийные), существующие в психике отдельных индивидов, и те модели, которые присутствуют в общественном сознании.

Всякой идеальной модели соответствует несущая ее материальная или материализованная модель, например психической модели — некоторая система нервных процессов, понятийной модели, существую-

[1] Первичным документом служит, например, научная статья, а вторичным-—ее реферат.

щей в науке, — некоторая система'текстов[1].

Здесь уместно охарактеризовать понятие *знания}*. Всякое знание есть идеальная модель (для некоторой активной системы, например социума или индивида),! состоящая не менее 'чем из двух компонентов, каждый из которых также представляет собой идеальную модель.

Простейшей формой знания является, как известно, 'суждение. Понятия, играющие роль субъекта и предиката суждения, выступают в качестве компонентов-моделей, упомянутых в приведенном определении.

§ 1.3. **Знаки** и знаковые модели

С понятием модели находится в связи понятие *знака.* Знаком системы *Л* для активной системы *Q* является всякий такой предмет *Z,* воздействие которого на систему *Q* с достаточно высокой вероятностью обеспечивает формирование в составе системы Q ее подсистемы *E,* представляющей собой модель системы *A* для системы *Q,* или же активизацию такой подсистемы, ее привлечение к использованию (если она была сформирована ранее). Так, например, под воздействием слова, обозначающего какую-либо' вещь, в сознании человека возникает ее образ.

Система *A* в приведенном определении — это то, что принято называть *денотатом* или *предметным значением* знака *Z.* Что касается *смысла,* или *смыслового значения,* данного знака, то его можно отождествить с информацией, которую несет модель *E* о системе *A* для системы *Q*[2]. Знак, вообще говоря, не, совпадает со своим денотатом или какой-либо егоj моделью, хотя в частных случаях такое совпадение имеет место.

Смысл одного и того же знака для разных активных систем (в частности, для разных субъектов) мо4 жет быть различен. Вместе с тем для очень многих

[1] Как писали К. Маркс и Ф. Энгельс, «на «духе» с самого начала лежит проклятие—быть «отягощенным» материей...» [1, т. 3, с. 29].

[2] Согласно А. Черчу, «грубо говоря, смысл—это то, что бывает усвоено, когда понято имя»; «будем, к примеру, говорить, что «сэр Вальтер Скотт» и «автор Вэверлея» имеют один и тот же денотат, но различный смысл» [228, с. 18].

яков можно указать нормативную информацию, которую должны нести модели, привлекаемые к использованию или формируемые под воздействием их знаков. Эта информация представляет собой *Нормативный смысл* знака. Так, например, можно говорить о нормативных смыслах слов того или иного языка. Смысл, которым обладает некоторый знак для конкретной активной системы (например, смысл слова для конкретного человека — носителя языка), может в большей или меньшей степени приближаться к нормативному смыслу этого знака.

Системы, все компоненты которой служат знаками называют *знаковыми системами.* К. их числу принадлежат, в частности, естественные и искусственные языки, а также математические и логические исчисления. Пример более простой знаковой системы — система дорожных знаков.

Частным видом знаковой системы является *знаковая модель.*

Знаковую модель *B* системы *A* для системы *Q,* если рассматривать ее как единое целое, обычно можно считать также своеобразным знаком моделируемой ею системы *A* для системы Q. Смысл этого знака (смысл знаковой модели) представляет собой информацию о системе Л, которую несет не сама модель *B,* а модель *E,* формируемая или привлекаемая к использованию системой Q под воздействием модели. Подобно тому как было сказано выше о нормативном смысле знака, можно говорить и о нормативном смысле знаковой модели. Смысл злаковой модели (в частности, нормативный) зависит как от смыслов составляющих ее знаков, так и от способов соединения последних.

Приведем простейший пример. В то время как Слово естественного языка служит (в общем случае) лишь знаком обозначаемого им предмета, но не его моделью, составленное из слов предложение выступает уж.е в качестве знаковой модели описываемой в нем ситуации: в структуре этой ситуации (рассматриваемой в качестве системы) предполагается сходство со структурой предложения. (Весьма распространен, скаж;ем, случай, когда сказуемому соответствует некоторое действие, подлежащему — **его** субъект, прямому дополнению — его объект.) Знаковыми моделями являются также математические выражения, химические формулы и т. п.

В качестве знаковой модели может быть рассмот! рен любой текст. Как пишет А. А. Брудный, общим смысл текста «есть то, что бывает (или должно быть! усвоено, когда понят текст» [40, с. 168]. Вариант] «должно быть усвоено» естественно трактовать *кащ* относящийся к нормативному смыслу текста.

В соответствии со сказанным выше смысл текста (будь то для конкретного реципиента Q или норма-] тивный), как правило, не охватывает всех компонен-] тов несомой этим текстом информации (соответствен-! но — для реципиента Q или нормативной), но вмести с тем может содержать дополнительные компоненты! которые реципиент под воздействием указанного тек-] ста (благодаря, например, содержащимся в нем на- мекам, его «подтексту») привлекает из своей памяти] или заново формирует.

Знаковые модели чаще всего выступают в каче-| стве материализованных, хотя они могут быть такж< материальными (если их субстратные свойства су- щественны) и идеальными (как, например, присут] ствующий в сознании человека слуховой образ пред^ ложения естественного языка или зрительный об'ра; математического выражения).

§ 1.4. Воздействия и операции

Воздействие предмета B на предмет A— это со] бытие, состоящее в том, что предмет B (возможноГ совместно с предметами С, D и др.) вызывает или! предотвращает некоторое изменение предмета M. Предмет B (так же, как предмет C, предмет D и т. д.) является здесь *воздействующим предметом (воздействующей системой* — если исследователь выГ деляет в нем те или иные компоненты), а предмет *А — объектом воздействия*.

Воздействие предмета B ,на предмет A может •быть как *непосредственным,* так и *опосредованным*. В последнем случае существует (и учитывается исЯ следователем), по меньшей мере, один такой пред! мет C, что B воздействует на С, а С воздействует! на A.

К.. Маркс обращал внимание на существенную] роль, которую играют в человеческой деятельности! прежде всего трудовой, опосредованные воздействия

преобразуемые предметы. Он отмечал, что «пред- па т которым человек овладевает непосредственно,— ме" н'е говорим о собирании готовых жизненных средств, например плодов, когда средствами труда JJуж ат'только органы тела рабочего,— есть не пред- с мет труда, а средство труда» [1, т. 23, с. 190].

Описывая непосредственные воздействия некото- пой системы на те или иные предметы, часто имеет смысл уделять специальное внимание тому, какие именно компоненты или свойства этой системы обес- печивают осуществление воздействий. Иначе говоря, полезно выделять способности воздействующей си- стемы к осуществлению непосредственных воздей- ствий определенных типов. Эти способности мы на- зываем *операторами,* а воздействующую систему, в которой они выделены, — *оперирующей системой*. Воспользовавшись для обозначения вводимого поня- тия термином «оператор», мы ориентируемся на один из важных аспектов его значения в кибернетике и информатике. Сходное понятие оператора привлека- лось и для построения моделей решения учебных за- дач [54].

Для оперирующей системы каждого типа можно указать характеризующий ее набор операторов. Как говорится в одном из руководств по программиро- ванию для вычислительных машин, «операторы «сме- шать», «помешать», «охлаждать» и «взбивать» ха- рактерны для процессов приготовления пищи, в то время как операторы «присвоить значение», «извлечь квадратный корень» и «повторять следующие вычис- ления» пока характерны для вычислительных про- цессов» [118, с. 259]. Умения и навыки субъекта мо- гут быть описаны как системы операторов, которыми он владеет (в частных случаях— как единичные опе- раторы).

Функционирование оператора состоит в том, что он применяется оперирующей системой к тому или иному предмету, т. с. эта система осуществляет при помощи этого оператора свое непосредственное воз- действие на указанный предмет. Предмет, к которому применяется оператор, называют *операндом*. Будем говорить, что операнд *К релевантен* для оператора и, если применение % к K может привести к тому или иному изменению предмета K или какого-либо иного предмета. Например, для оператора, состоящего в способности поставить операнд в повелительном н[...]клонении, релевантными операндами являются только глаголы.

В трудовом обучении, как отмечает Л. В. Беспалько, «необходим выбор такой совокупности объектов труда, чтобы действия с ними обеспечивали наиболее полное отражение в осваиваемых трудовых умениях всего разнообразия возможных элементов» (речь идет об элементарных движениях) [27, с. 17]. С нашей точки зрения, этот пример иллюстрирует необходимость обеспечения набора операндов, релевантных для операторов, которые должны быть сформированы.

Событие, состоящее в применении оператора к релевантному для него операнду, естественно назвать *операцией*.

Операции описываются, например, следующими предложениями: *«Ударить кием по* биллиардному шару»; *«Возвести* число 2 *в квадрат».* В этих предложениях выделенные курсивом слова описывают операторы, а прочие слова описывают операнды.

При выделении операндов и операторов в описаниях операций часто допустим определенный произвол. Например, в описании операции «Подчеркнуть окончание в существительном *кукла»* слова «окончание в существительном» в зависимости от того, что удобнее, могут быть отнесены либо к описанию оператора, либо к описанию операнда.

Часто рассматривают операции, состоящие в применении некоторого оператора одновременно к нескольким предметам, например: «Сложить числа *a, b* и *c*». Здесь в принципе можно было бы говорить о нескольких операндах. Мы, однако, предпочитаем рассматривать такого рода совокупность предметов как единый составной операнд.

Вспомним приведенное в § 1.1 положение о том, что предметы могут быть индивидуальными и родовыми. Это положение относится, в частности, и к операндам. Операцию, состоящую в применении некоторого оператора к индивидуальному операнду, можно назвать *индивидуальной,* а состоящую в его применении к родовому операнду — *родовой.* Родовыми операциями являются, например, «открывание окна», «затачивание карандаша», а индивидуальными-я «открывание э т о г о окна», «затачивание т о г о ка-

<ш,.аша» (примеры Н. Решера [261]).

В предельном случае родовая операция представляет собой применение соответствующего оператора к любому релевантному для него операнду. Таковы, например, так называемые общемыслительные операции анализа, синтеза, сраанения и т. д. Вместе с тем, как указывал С. Л. Рубинштейн, «анализ и синтез как операции выступают всегда в той или иной частной, специальной форме проявления, обусловливаемой определенным предметным содержанием» [192, с. 48].

Не следует смешивать понятия «операция» и «воздействие». Операция, как было сказано выше, — это применение некоторого оператора к тому или иному операнду, а воздействие — это вызывание (или предотвращение) некоторого изменения. Одно и то же воздействие (точнее — воздействие, обеспечивающее одно и то же изменение) может осуществляться посредством различных операций (или систем операций). Так, воздействие, приводящее к превращению числа 2 в число 8, может быть осуществлено посредством таких операций, как: а) прибавление к числу 2 числа 6; б) умножение числа 2 на число 4; в) возведение числа 2 в куб (пример М. Мазура [131]). Вместе с тем посредством одной и той же операции может осуществляться ряд воздействий (например, посредством удара кием по шару этот и другой шары загоняются в лузу; кроме того, шары нагреваются, издается звук и т. п.). Заметим, однако, что исследователь всегда ограничивается рассмотрением для каждой операции одного или нескольких воздействий, представляющих интерес с его точки зрения.

Различение операций и воздействий весьма существенно для характеристики человеческой деятельности и организации управления ею. Как подчеркивалось на XXVII съезде КПСС, важное направление совершенствования методов хозяйствования состоит в том, чтобы обеспечить «тесную увязку интересов трудовых коллективов с конечными результатами работы» [3, с. 249] и «усилить зависимость оплаты труда каждого работника от его личного вклада в конечные результаты» [там же, с. 250]. Это связано с тем, что общество заинтересовано в осуществлении трудовыми коллективами (и отдельными работниками) определенных социально значимых воздействий. Что же касается выбора операций, посредством которых следует обеспечить эти воздействия, то здесь должен быть открыт широкий простор для инициативы работников и коллективов, чему мешает мелочная регламентация их деятельности.

Аналогичные .коллизии имеют место и в педагогической сфере. Один из «парадоксов воспитания» Я. С. Турбовской справедливо' усматривает в «довольно распространенном явлении, когда воспитание как бы сводится к самому процессу, к... лроведенным мероприятиям, затраченным усилиям, а вся эта деятельность напрямую в нашем сознании не связывается с тем, что в конце концов получится» [218, с. 26]. Иными словами, педагоги интересуются не реальными воздействиями на личность воспитуемого, а осуществляемыми воспитательными операциями, как бы забывая о том, что последние нужны только как средство для достижения требуемых воздействий.

Рассмотрим теперь соотношение понятий «операнд» и «объект воздействия» и дополним в связи с этим характеристику непосредственных и опосредованных воздействий.

В случае непосредственного воздействия оперирующей системы на некоторый предмет операнд совпадает с объектом воздействия; в случае же опосредованного воздействия такого совпадения нет.

Возьмем простейший пример: «Пассажир нажал кнопку — каби.на лифта опустилась на первый этаж». Здесь операнд (кнопка) не совпадает с интересующим нас объектом воздействия (кабиной). Оператор обозначен здесь словом «нажал» и состоит в способности (умении) пассажира нажимать на что-либо.

Одно из важных отношений между воздействиями и обеспечивающими их операциями может быть раскрыто с помощью понятий об эффективных и квазиэффективных операциях. *Эффективной* мы называем операцию, обеспечивающую совершенно определенное воздействие на некоторый предмет (т. е. вызывающую или предотвращающую совершенно определенное изменение этого предмета) [1]. Термин *«квазиэффективная* операция» мы относим к операциям, обеспечивающим такое воздействие с вероятностью, достаточно 'близкой к единице.

[1] Термин «эффективный» используется здесь в смысле, близком к тому, какой обычно придается ему в математике.

Об эффективности или квазиэффективности операций имеет смысл говорить только по отношению к определенной оперирующей системе, осуществляющей эту операцию. Эффективные операции характерны для идеализированных оперирующих систем, рассматриваемых в различных теоретических построениях. Нередко также, описывая функционирование реальных оперирующих систем (например, компьютеров), мож.но пренебречь их отличием от идеализированных оперирующих систем, осуществляющих только эффективные операции (например, от абстрактных цифровых автоматов). В этом смысле говорят об «абстракции безошибочности» [29]. Важно, однако, что при характеристике таких реальных систем в других отношениях (например,- при оценке надежности компьютеров) подобная абстракция неправомерна.

При переходе от описаний функционирования технических систем к описаниям человеческой деятельности сфера применимости абстракции безошибочности сужается. В связи с этим именно здесь оказывается весьма полезным понятие квазиэффективной операции [1].

Отличие квазиэффективной операции от эффективной состоит не только в том, что первая обеспечивает определенное воздействие не всегда, но лишь как правило (с достаточно высокой вероятностью). Из этого очевидного различия вытекает другое: операция, являющаяся частным видом эффективной операции, всегда также эффективна; операция же, являющаяся частным видом квазиэффективной операции, может не оказаться квазиэффективной.

Пусть, например, для некоторого человека операция написания наречия с приставкой *по-* квазиэффективна в том смысле, что не менее чем в 98% случаев он пишет такое наречие правильно. Из этого, однако, вовсе не следует, что с вероятностью, не меньшей 0,98 (или с любой иной фиксированной вероятностью), он правильно напишет наречие «по-прежнему» (как известно, раньше это слово было исключением и писалось слитно).

Вообще, из того, что предмет (операнд) *B* является частным видом предмета (операнда) *A,* еще не

[1] Квазиэффективные операции описываются иногда под названием «элементарные».

следует, что субъект будет воспринимать npej мет *B* именно в этом качестве и применять к не* соответствующие операторы. В школьной практи] как известно, весьма часты ситуации, когда наличие предметов несущественных признаков, не встреча] шихся в прежнем опыте ученика (например, такс- расположение прямоугольного треугольника, коп он «лежит» на гипотенузе, а прямой угол находите сверху), приводит к ошибкам в опознавании так! предметов [92]. Использование приемов варьиров; ния .несущественных признаков [32] и в особенное! реализация в обучении принципов теоретически обобщения [69] снижают вероятность возникновеш таких ситуаций.

В дальнейшем нам понадобится еще понятие [: *эталонной операции.* Пусть операторы и операнд! квазиэффективной операции *a* и эффективной опера! ции a_0 соответственно совпадают. Пусть, кроме тощ операция *a* с вероятностью, достаточно близкой единице, обеспечивает то же воздействие (или те ж| воздействия), которое (которые) обязательно обеі печивает операция a_0. В этом случае будем называв эффективную операцию a_0 *эталонной операцией* д^ квазиэффективной операции *a*.

§ 1.5. Процедуры. Алгоритмы и квазиалгоритмы

Процедуру можно определить как систему последо] вательно осуществляемых операций, обладающу* следующим свойством: после любой операции, вх£| дящей в ее состав, либо больше не выполняется ни- каких операций, либо выполняется некоторая опреj делевная операция, либо имеет место *разветвление* процедуры, т. е. выполняется одна из некоторого ко! нечного набора операций.

То, какая именно операция осуществляется пр| разветвлении вслед за данной операцией, может од] позначно определяться тем, выполняются ли некотЯ рые четкие условия, содержащие ссылки на тот ил| иной признак (признаки) какого-либо предыет| (предметов). Разветвления, обладающие этим свой! ством, мы называем *однозначно детерминированнь\ ми,* а все прочие разветвления — *неоднозначно детер\ минированными.*

Одиночную операцию можно рассматривать ка]

ный («вырожденный») вид процедуры (вспом- сказанное в § 1.1 о «вырожденных» системах, "пгтоящих из одного компонента).

Введем еще понятия об алгоритмических и ква- зиалгоритмических процедурах.

Мы называем процедуру *алгоритмической,* если на состоит из эффективных операций и не содержит неоднозначно детерминированных разветвлений.

К алгоритмическим приближаются по своим свой- ствам *квазиалгоритмические* процедуры. Они состоят из квазиэффективных операций или из эффективных и квазиэффективных. Квазиалгоритмическая про- цедура, вообще говоря, может содержать неоднознач- но детерминированные разветвления, но то, какая именно операция осуществляется при таком развет- влении вслед за дан-ной операцией, с достаточно вы- сокой вероятностью определяется тем, выполняются ли условия того типа, который был описан выше при характеристике однозначно детерминированных раз- ветвлений.

При выяснении того, является ли некоторая про- цедура алгоритмической (или квазиалгоритмиче- ской), обязательно надо учитывать, какая система осуществляет или должна осуществлять ее. Ведь вполне возможен случай, когда некоторая операция эффективна (или квазиэффективна), если выполня- ется системой *Q,* и не обладает этим свойством, если выполняется системой *R.*

Процедуры, описываемые как фактически осу- ществленные, обычно не содержат разветвлений[1]. Разветвления характерны для процедур, описывае- мых как некоторые закономерности, а также для предписываемых процедур. При этом чаще всего ис- пользуются разветвления по двум направлениям, хо- тя находят применение, в том числе в педагогиче- ских целях, и разветвления по большему числу на- правлений [237].

Предписание о выполнении алгоритмической (или квазиалгоритми'ческой) процедуры — при условии,

[1] Обычно, но не обязательно. Так, например, следователь может считать доказанным фактом, что преступник уехал из города либо поездом, либо автобусом, по не иметь достаточной нформацнн для вынесения суждения о том, какая из этих воз- можностей была реализована.

что хотя бы одна из входящих в нее 'операций является родовой,— это *алгоритм* (или соответственно *квазиалгоритм* [1]).

Если учитывать ограниченную надежность осуществления тех или иных операций, предусмотренных программой для компьютера, то ее нужно считать не алгоритмом в собственном смысле слова, а квазиалгоритмом [2]. Вместе с тем главной сферой применения понятия «квазиалгоритм» являются предписания, реализуемые людьми.

Пусть всякой операции a_{0y} предписываемой алгоритмом AQ (напомним, что операция a_0 обязательно эффективна), соответствует в квазиалгоритме $Л$ операция а, такая, 'что а) операторы и операнды операций a и a_0 соответственно совпадают; б) операция a также эффективна или же она квазиэффективна, но при этом операция a_0 является для нее эталонной. В таком случае мы называем алгоритм A_o *эталонным алгоритмом* для квазиалгоритма A.

Поскольку решение вопроса об эффективности (равно как и о квазиэффективности) любой операции зависит от свойств осуществляющей ее оперирующей системы, такая же зависимость имеет место при решении вопроса о том, является ли некоторое рассматри.ваемое предписание алгоритмом (равно как и о том, является ли оно квазиалгоритмом).

Примерами квазиалгоритмов (для лиц, в достаточной мере знакомых с соответствующим .математическим материалом) могут служить так называемые обучающие алгоритмы, разработайные С. И. Шапиро. Приведем фрагмент одного из них.

«1. Взять произвольное сколь угодно малое положительное число $(\varepsilon>0)$.

2. Составить разность между общим членом последовательности и предполагаемым пределом $(a_n - a)$.

3. По возможности упростить разность.

4. Взять абсолютное значение разности $(|a_n - a|)$.

5. Допустить, что $|a_n - a|$ меньше ε.

6. Если можно, решить полученное неравенство относительно n.

7. В противном случае «усилить» неравенство, чтобы оно стало разрешимым относительно n...» [232, с. 259].

Чтобы убедиться в том, что это предписание нельзя считать алгоритмом (в принятом нами смысле), достаточно обратить внимание на возможность (хоть и мало вероятную для указанного контингента лиц) ошибочного выполнения операций 3, 6 и 7.

[1] Понятие квазиалгоритма используется Г. Н. Александровым [7]. Квазиалгоритмы, предназначенные для применения в обучении, описывались также под названием учебных алгоритмов и предписаний алгоритмического типа.

[2] Как пишет Ст. Лем, «алгоритм математика-теоретика никогда не может «подвести»: тот, кто однажды разработал алгоритм математического доказательства, может быть уверен, что это доказательство никогда не «подведет». Прикладной алгоритм, которым пользуется инженер, может и подвести, потому что в нем «все предусмотрено заранее» только внешне» [117, с. 137—138].

Глава 2

Задачи и действия по их решению

Ведь жизнь, между прочим, есть совокупность процессов решения бесконечного числа больших и малых проблем (из которых, конечно, лишь небольшая часть решается сознательно).

Карл Дункер [80, с. 107]

Настоящая глава посвящается характеристике общего понятия задачи и ряда других центральных понятий теории задач.

Прежде чем перейти к систематическому изложению материала, коснемся некоторых терминологических вопросов.

Наряду с термином «задача» в психологии, педагогике и других областях науки широко употребляются термины «проблема» и «проблемная ситуация». Однако соотношение обозначаемых ими понятий определяется по-своему едва ли не каждым автором. Весьма велики различия и в трактовке смысла каждого из этих терминов [1].

По-разному определяется также соотношение между понятиями задачи и задания. В то время как Дидакты и методисты обычно рассматривают задачу как специфический вид задания (см., например, [123, с. 21]), психологи, напротив, склонны считать задание частным видом задачи (согласно Е. И. Машбицу

[1] Обзор разных подходов к трактовке понятий «проблема», «проблемная ситуация», «задачам и отношений между ними дается в книге [198]. См. также § 3.2 настоящей книги.

[142], это такая задача, где цель задается как тЯ •бование к субъекту, например «выучить то-то»).

Наконец, во многих контекстах термин «задачя употребляется как синоним термина «цель».

Положение усложняется еще и вследствие отнкш не полного совладения смысла терминов, лринятыхя разных языках. Такое несовпадение неизбежно хоИ бы потому, что в русском языке существуют три прЯ стых термина («задание», «задача», «проблема») дл обозначения того же круга объектов, -которому | большинстве европейских языков соответствуют т два простых термина («task» и «problem» — в англим ском, «tache» и «problemc»— во французском, «АиЯ gabc» и «Problem» — в немецком и т. п.). Естествен! но, что разные переводчики по-разному переводя! идентичные термины оригинальных работ, что усилм еает терминологическую путаницу.

Настоящая книга посвящена исследованию задав Однако, вводя в рассмотрение различные их типы, I также рассматривая «задачные ситуации» и знаке» вые модели задач[1], мы постараемся учесть ряд важ! ных аспектов содержания, вкладываемого разными авторами не только в термин «задача», но и в дру| гие, перечисленные выше.

Исследовав понятие задачи, мы сможем в настоя щей главе дополнить данную в главе 1 характерна тику понятий, описывающих функционирование аи тивных систем. Говоря конкретнее, мы сможем—1 дополнение к рассмотренным в § 1.4 понятиям «воз] действие» и «операция» — рассмотреть понятие целеа направленного действия, тесно связанное с понятием задачи.

§ 2.1. Задача как система особого рода

Из множества возможных в принципе состояний раз] личных предметов выделим их *требуемые* состояния! Тот факт, что некоторые состояния являются требуе] мыми, может, обусловливаться потребностями и же] ланиями субъекта, социальными нормами, указания! ми лиц, обладающих властью или авторитетом и т. п.

Состояние, в котором находится предмет и из кЯ

[1] См. ниже § 2.1.

топого может или должен быть осуществлен его ход в требуемое состояние, естественно назвать ^*Лобным* состоянием этого предмета.

Приведем простейшие примеры. Груз находится на станции А (исходное состояние), а должен быть поставлен на станцию Б (требуемое состояние). Числовое значение некоторой величины неизвестно (исходное состояние), а должно быть найдено (требуемое состояние). Знания ученика по определенной теме поверхностны (исходное состояние), а должны быть значительно глубже (требуемое состояние).

Всякий предмет (будь то материальный, как упомянутый выше груз, или идеальный, как знания ученика), для которого могут быть указаны не совпадающие' друг с другом исходное и требуемое состояния, будем называть *предметом задачи.*

Рассмотрим следующий «контрпример». Пусть некоторое твердое тело (например, деталь какого-либо механизма), занимающее в данный момент определенное положение .в пространстве, должно в течение указанного времени (например, в течение всего цикла работы этого механизма) удерживаться в этом положении. Казалось бы, исходное и требуемое состояния этого тела совпадают, и, следовательно, его нельзя считать предметом задачи. Но такой вывод основывается на неполной характеристике исходного и требуемого состояний рассматриваемого тела. В действительности его исходное состояние характеризуется не только тем, что оно в данный момент занимает определенное пространственное положение, но также и тем, что сохранение этого .положения в течение определенного предстоящего периода времени не обеспечено. В отличие от этого требуемое состояние рассматриваемого тела характеризуется тем, что такое сохранение обеспечено. Таким образом, требуемое состояние указанного тела отличается от исходного, так что это тело вполне может рассматриваться как предмет задачи.

Конечно, об удержании некоторого состояния предмета имеет смысл говорить не только тогда, когда требуется сохранение пространственного положения тела. В монографии В. Лукашевского [259] подробно> рассмотрены особенности двух типов активности человека. В первоад случае она «носит охранный характер (удержание или восстановление предыдущего состояния)», а во втором — «инновационный характер —человек стремится изменить существующее положение вещей» [259, с. 336]. Задачи, разумеется, решаются в обоих случаях.

Теперь дадим общее определение задачи. *Задача* в самом общем виде — это система, обязательными компонентами которой являются: а) предмет задачи, находящийся в исходном состоянии (или, как мы будем часто говорить в дальнейшем, *исходный предмет задачи);* б) -модель требуемого состояния предмета задачи (эту модель мы отождествляем с *требованием задачи).* Для обозначения задачи, рассматриваемой в качестве такого рода системы (см. схему на рис. 1), будем иногда пользоваться термином *«заданная система»*[1].

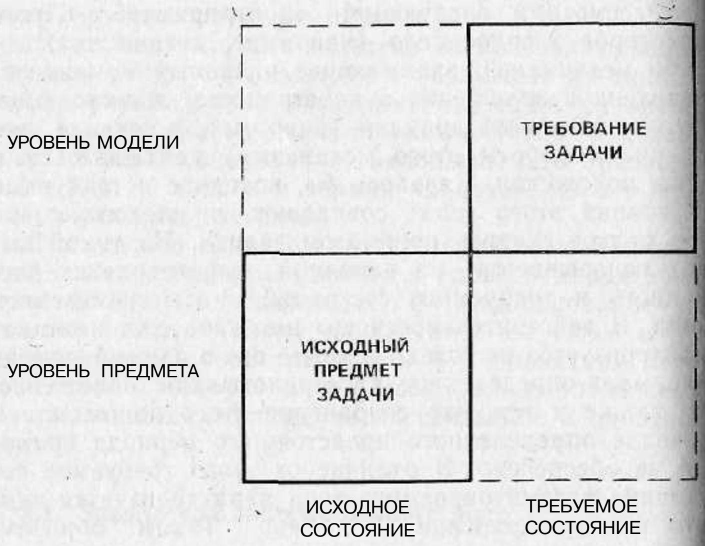

Рис. 1

Обратим внимание на то, что в данном выше определении указаны о б я з а т е л ь н ы е компоненты задачи (задачной системы), а значит, отнюдь не исключается наличие в ее составе и иных компонентов (см. ниже § 2.4).

[1] Понятие задачной системы разрабатывалось автором совместно с А. М. Довгялло [16].

Введенное понятие задачи является весьма широким. Оно в равной мере пригодно для задач, рассматриваемых в разных отраслях психологии, а также в педагогике, социологии, нейрофизиологии, кибернетике. Вместе с тем оно четко указывает специфику систем, представляющих собой задачи.

Как известно, в психологии распространена трактовка задачи как совокупности цели субъекта и условий, в которых она должна быть достигнута (см. [193, с. 152], [121, с. 7]). Эту трактовку (в системе психологической науки весьма широкую) можно рассматривать как одну из интерпретаций описанного выше общего понятия задачи. В самом деле, описывая предмет задачи, исследователь вправе включить в него все, что он считает существенным из «условий, в которых дана цель»[1]. Что касается самой цели, то уже в трудах Н. А. Бернштейна [24] была обоснована ее трактовка как «модели потребного будущего».

Задачу, рассматриваемую в качестве системы, следует отличать от *задачной ситуации* — некоторой совокупности объектов, допускающей системное представление в виде задачи, но еще не получившей такого представления. Задачная ситуация имеет место, в частности, когда «стремление к какой-то цели встречает преграду, препятствие и возникает потребность преодолеть это препятствие, чтобы тем самым осуществить намеченную цель». (Мы процитировали Л. М. Фридмана [222, с. 6—7], который пользуется термином «проблемная ситуация».)

От задачи мы считаем необходимым отличать также ее знаковую модель. Частным видом последней является словесное описание задачи, которое мы будем называть также *формулировкой задачи* или *задачной формулировкой*[2].

[1] Часть таких условий может быть включена в состав требования задачи (например, ограничения по стоимости в задачах принятия решений в народном хозяйстве, см. [263]).

[2] Формулировку задачи часто называют также *условием задачи.* Не менее часто, однако, последний термин употребляется для обозначения некоторой части задачной системы или формулировки задачи, причем вопрос о том, какой именно ее части, решается по-разному разными авторами — достаточно сравнить высказывания на этот счет, принадлежащие Д. Пойа [172, с. 26], А. *П.* Брушлинскому [42, с. 53], И. Я. Лернеру [174, с. 24].

2-S9

Приведем простейший пример задачной формул]ровки:

«Сундук веоом 60 *кг* находится на первом эта^. Требуется поднять его на пятый этаж».

Обратим внимание на следующее. В задаче ка| таковой (задачной системе — см. рис. 1) исходное и требуемое состояния предмета 'задачи представлен] принципиально различным образом: первое — щ реально существующее, второе — как модель. В от! личие от этого в формулировке задачи оба состояHIJ представлены посредством моделей (словесных от, саний).

Введем еще понятие *псевдозадачной формулирот ки.* Так будем называть текст, который внешне нала минает формулировку задачи, но в действительности не является ею, поскольку не описывает никакой за дачной системы. Приведем пример псевдозадачно? формулировки (он заимствован у Л. М. Фридмана[1]):

«Даны числа у2, -J- , *Л-* , *Л-,* lg 5, — 5. Какие J этих чисел рациональные?» Г222, с. 111. Здесь эле! мент -^ не существует (как число), а значит, при веденная формулировка внутренне противоречива Я стало быть, нет оснований ставить ей в соответствий какую-либо задачпую систему.

Одной задаче могут соответствовать различны! знаковые модели. Так, например, тексты «Требуете] решить уравнение $x^2 - я + 1 = 0$» и «Найдите корн! уравнения $y^1 - y$-\-\ $= 0$» имеют тождественный нош мативный смысл (как принято говорить, они *синД нимичны),* и их можно рассматривать как модел] одной и той же задачи.

§ 2.2. Решение задачи. Решатель. Средства решения задач

Под *решением задачи* мы понимаем воздействие *Щ* предмет задачи, обусловливающее ее переход из ис| ходного состояния в требуемое. Решенная задача]

[1] Нашим терминам «задачная формулировка» и «псевдозадачная формулировка» соответствуют термины Л. М. Фридман? [222; 223]: «правильная (правильно поставленная) задача» н «неправильная (неправильно поставленная) задача».

задача, предмет которой приведен в требуемое ^стояние, перестает быть задачей.

^действующую систему, которая обеспечивает решение задачи, в кибернетике называют *решателем;* мы также будем пользоваться этим термином. В качестве решателей выступают животные, люди, кол-^ктивы людей, технические устройства, человеко-машинные системы и т. п. В настоящей книге нас интересует почти исключительно решение задач человеком-индивидом (в особенности осуществляемое в ходе учения и обучения).

Решатель может быть охарактеризован совокупностью *средств решения задачи,* находящихся в его распоряжении. К ним относятся операторы, которыми располагает решатель, а также привлекаемые им операнды, дополнительные к тем, которые имеются в предмете задачи[1]. Средства решения подразделяются па *внутренние* (входящие в состав решателя) и *внешние* (не входящие в его состав, но используемые им).

В рамках различных теоретических дисциплин оказывается полезным 'исследование *идеализированных решателей,* которые вводятся в рассмотрение как системы четко охарактеризованных средств решения задач. Для идеализированных решателей характерно, как правило, выполнение эффективных операций (см. § 1-4).

Задачи могут исследоваться как с учетом характеристик решателей, так и в абстракции от них. В дальнейшем задачу (задачную систему), рассматриваемую безотносительно к какому бы то ни было решателю, будем обозначать одной прописной латинской буквой (чаще всего *M).* Если же эта задача рассматривается по отношению к некоторому решателю (скажем, *Q* или *R),* то обозначение задачи будем снабжать соответствующим индексом: *MQ, МЦ* и т. п. При этом будем говорить, что задача *отнесе-*

[1] Ср. у Т. Гергея и Е. И. Машбица: «В процессе решения задачи человек... использует не только те объекты, которые даны в задаче, но и другие: идеальные — знания и реальные — орудия труда, машины, устройства и т. д. Эти идеальные и реальные объекты, которые не входят в задачу, но привлекаются для ее решения, выступают как средства решения задачи» [°, с. 4].

на к решателю Q (или к решателю *R* и т. п.), 1 употреблять термин «отнесенная задача». Задачу *жл* рассматриваемую в абстракции от решателя, будеД называть *неотнесенной*.

Следует учесть, что при рассмотрении отнюдь на любых задач возможно абстрагирование от характД рис-гик решателей. Оно невозможно, в частности, Л ли предмет задачи совпадает с решателем (каи например, в задачах самовоспитания), является ем подсистемой (скажем, когда коллектив воспитывае! своего члена) или, напротив, содержит его в своем составе. Последний вариант имеет место, например! когда спортсмен решает задачу, требование которой состоит в том, чтобы добиться победы своей команда над командой-соперником; предмет задачи охватывая ет в этом случае обе команды.

Если задачи рассматриваются по отношению к *ош* ределенному решателю (или решателю определенно! го типа), то при воссоздании заданных систем по ил злаковым моделям следует учитывать не норматив! ный смысл последних, а их смысл для этого решате! ля. Нужно учитывать также, что по ходу решения этот смысл может изменяться.

Как пишут Д. Оз.бел и Ф. Робинсон, раосматря вая решение задач учащимися, формулировка зада! Чи первоначально является «лишь потенциальна осмысленной. Если учащийся обладает релевантным! фоновыми знаниями ... он сможет соотнести обра! зующее задачу высказывание (problem-setting ргсл position), со своей когнитивной структурой и понята благодаря этому характер стоящей перед ним зада! чи (problem). Учащийся, обладающий опытом в дана ной области, будет способен непосредственно вЛ принять смысл данного суждения; неопытный учет щийся должен будет пройти через более разверну* тый процесс идентификации смысла отдельных понЯ! тий и установления на этой основе смысла суждени! в делом» [249, с. 506].

В § 2.1 упоминалось о синонимичных знаковые моделях задач. Внесем теперь уточнение в трактовка этого вопроса. Из того, что две знаковые модели зЯ дач имеют один и тот же нормативный смысл, вовсе не следует, что они обязательно будут обладать одн каковым смыслом для воспринимающего их субъек! та. Так, в экспериментах Н. С. Мансурова сопостав]

лялись синонимичные с точки зрения математики зняковые модели задач: «$1+2+3+4+5+6=?$» и зA $2+ \cdots +5+6=?$»- Выяснилось, что задача, пред- *' явленная во втором виде (в отличие от представ- лённой в первом), «решается преимущественно не пу- тем подсчета, а как прогрессия. Следовательно, из- менение внешнего вида задачи привело при восприя- ' ии к «включению» иных связей, чем в первом вари- анте наглядного оформления, в результате чего про- исходило иное ее осмысление и решение» [134, с. 164].

Напомним тексты, которые были приведены в S 2-1 в качестве примеров синонимичных формули- ровок: «Требуется решить уравнение $x^2 - я + 1 = 0$» и «Найдите корни уравнения $y^2 - y - \backslash - \backslash = 0$». Теперь уточняем: эти тексты обладают одинаковым смыслом для человека, знающего элементарную алгебру. Но они вполне могут нести разный смысл для того, кто еще только изучает ее.

§ 2.3. Способы и процессы решения задач

Способом решения задачи MQ уместно считать вся- кую процедуру, которая при ее осуществлении реша- телем *Q* может обеспечить решение этой задачи. Та- ким образом, нельзя говорить о способе решения за- дачи, не учитывая характеристик решателя (инди- видуального или родового, реального или идеализи- рованного).

Способ решения задачи, представляющий собой алгоритмическую или •кваэиалгоритмическую проце- дуру (см. § 1.5), будем называть соответственно *ал- горитмическим* или *квазиалгоритмическим способом решения*.

Способ решения задачи как таковой нужно отли- чать от его модели, имеющейся в решателе и относя- щейся к числу средств решения задач. Такой модели может быть поставлена в соответствие некоторая си- стема операторов. Говоря, что решатель обладает (владеет) моделью способа решения задачи, мы име- ем здесь в виду, что та.кая модель хранится в памяти решателя и при этом функционирует таким образом, что предусматриваемый ею способ решения может быть осуществлен. (Последнее отнюдь не самооче- видно. Так, например, ученик может знать правило, Но не уметь применить его.)

Психологически владение моделями способов решения задач может выражаться различным образом. В частности, содержание такой модели может осознаваться, а может и не осознаваться человеком.

Среди способов решения задач выделяются *нормативные (эталонные)*. Такие способы (в их соотношении с реально используемыми) анализировались А. Н. Соколовым [204], Г. П. Щедровицким [240] и другими исследователями. Нормативные способы решения задач не зависят от свойств отдельных индивидов, но при установлении норм следует учитывать возможности контингента индивидов, которые должны решать задачи данного класса.

Нередко для одной и той же задачи может быть указано несколько нормативных способов. Так, Е. А. Шишкин приводит семь способов решения одной химической задачи с использованием разных математических приемов, а в какой-то степени и разных химических понятий. Как резонно замечает автор, знание важнейших способов решения необходимо учителю, в частности, «для того, чтобы быть справедливым к тем учащимся, которые решают... задачу правильно, но не так, как объяснял учитель. При этом важно всегда отметить наиболее рациональный путь решения» [235, с. 46].

Прокомментируем теперь положение (высказываемое, в частности, Е. П. Иваницыной [94] в связи с характеристикой процессов решения геометрических задач) о необходимости различать понятие «способ решения задачи» (как в данном случае математическое) и психологическое понятие «способ мышления». С нашей точки зрения, «способ мышления» также может рассматриваться как способ решения задачи. Но конечно, способы решения задачи, обсуждаемые в математическом и в психологическом исследованиях,— это разные вещи.

Прежде всего, задачи, о которых идет речь (&noJ-не возможно, при идентичных формулировках), отнесены к решателям разного типа. В первом случае рассматриваемая задача отнесена к идеализированному решателю, охватывающему, скажем, средства евклидовой геометрии или какого-либо ее раздела, а также некоторые средства логики и, возможно, арифметики, алгебры и других дисциплин. Во втором случае • решателем, к которому отнесена задача, является

человек, в большей или меньшей степени владеющий перечисленными средствами.

Различен и состав операций, из которых строятся обсуждаемые в математическом и психологическом исследованиях способы решения задачи. Конечно, если человек овладел или должен овладеть средствами решения задач, предоставляемыми, например, некоторым разделом евклидовой геометрии, то в способ решения задачи, отнесенной к этому человеку, могут входить геометрические операции (вообще — операции, соответствующие операторам, имеющимся в рассматриваемом идеализированном решателе). Но характер таких операций при этом изменяется. В частности, эффективным операциям, реализуемым идеализированным решателем, соответствуют (в лучшем случае) квазиэффективные операции, реализуемые человеком. Вместе с тем в состав способа решения задачи, отнесенной к человеку, входят также операции, обеспечивающие ориентировку в ситуации (анализ предмета задачи), планирование последующих операций и т. п.[1].

С понятием способа решения тесно связано понятие *процесса решения задачи*. Часто процесс решения задачи может быть описан как реализация некоторого способа решения. В общем случае процесс решения задачи *MQ* можно определить как фрагмент функционирования решателя *Q*, осуществляемый им при решении задачи *M* или с целью ее решения. При описании процесса решения задачи учитываются не только осуществляемые решателем операции сами по себе (как это имеет место при описании способа решения), но также временные и энергетические затраты на их осуществление, равно как и другие явления, сопровождающие оперирование или представляющие собой его свойства.

Общее понятие процесса решения задачи приобретает специфическую конкретизацию в рамках разработанной С. Л. Рубинштейном и А. В. Брушлинским концепции психического как процесса. В этой концепции принимается, что «каждая следующая стадия процесса вырастает из предыдущей, являясь ее внутренним условием, и поэтому все стадии неразрывно (недизъюнктивно) связаны между со-

[1] Подробнее этот вопрос мы обсудим в § 2.5.

бой генетически» [43, с. 95]. При этом особо подчеркивается, что процессуальный аспект мыслительной (да и любой иной) деятельности субъекта не сводится к операционному.

§ 2.4. Отношения между задачами. Информация, относящаяся к решению задачи

В специфическом отношении к задаче *MQ* находится *задача* (неотнесенная или отнесенная) *нахождения способа* ее *решения*. Это понятие требует некоторых комментариев.

Во-первых, вовсе не обязательно, чтобы задача нахождения способа решения для задачи MQ решалась системой Q. Так, например, человек составляет программу, в соответствии с которой компьютер осуществляет решение задачи.

Во-вторых, нахождение способа решения задачи (если решатель не владеет им заранее) играет настолько важную роль, что понятия «решение задачи» и «нахождение способа решения задачи» часто отождествляются. Так, в переводе книги М. Доналдсон читаем: «Решение проблемы — любой проблемы — заключается в раскрытии способа, с помощью которого можно привести существующее положение дел в желательное, пока еще не имеющее места состояние» [77, с. 17]. При всей распространенности и внешней привлекательности такого подхода, казалось бы, фиксирующего внимание на существе дела, мы не считаем возможным взять этот подход на вооружение, поскольку, смешивая принципиально разные вещи, он затруднил бы углубленное раскрытие интересующих нас вопросов.

Укажем еще одно важное отношение между задачами.

Отнесенную задачу *NQ* называют *подзадачей* отнесенной задачи *MQ,* если способ решения задачи *NQ* входит в способ решения задачи *MQ* (является его подсистемой).

Приведем пример из книги Д. Пойа: «При вычислении объема усеченной пирамиды нам пришлось находить объем полной пирамиды, затем еще одной полной пирамиды, затем длину отрезка» [172, с. 194].

Здесь задачи по нахождению объема первой полной пирамиды по нахождению объема второй полной пирамиды и по нахождению длины отрезка выступают в качестве подзадач основной задачи по нахождению объема усеченной пирамиды.

Теперь, используя понятия, введенные в § 2.2 и 2.3 а также выше в настоящем параграфе, мы можем уточнить характеристику заданной системы. Помимо исходного предмета задачи и ее требования в состав задачи (задачной системы) может входить одна или большее число моделей, несущих информацию, которую мы будем называть *информацией, относящейся к решению задачи.* Это может быть, в частности, информация об изменениях предмета задачи, посредством которых осуществляется его переход из исходного состояния в требуемое, о подзадачах данной задачи, о средствах и о способе ее решения. При этом, например, средства решения задачи могут указываться как рекомендуемые или как обязательные или, напротив, их использование может запрещаться. Часто накладываются также ограничения на допустимую продолжительность решения.

В формулировке задачи (или в инструкции, относящейся к целой группе задач) информация, о которой мы ведем здесь речь, выражается обычно с помощью отдельных предложений, представляющих собой *указания по решению задачи.* Например: «Решить уравнение $x^3-x^2-6x=0$. (Целесообразно прежде всего разложить левую часть на множители.)».

Вместе с тем не всегда информация, относящаяся к решению задачи, четко выделена в ее формулировке. И если, скажем, указывается, что в формулировке научной проблемы «содержатся предварительные подходы к ее решению» [108, с. 215], то информация о таких подходах, быть может, формально неотделяемая от описания предмета задачи и ее требования — тоже информация, относящаяся к решению задачи.

Вспомним примеры знаковых моделей задач, приведенные в конце § 2.2: «1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 = ?» и «1 + 2 + ... + 5 + 6 = ?». Отнесенные к решателю-человеку задачи, выраженные с помощью этих моделей, отличаются именно имплицитно представленной в них информацией, относящейся к решению задачи.

§ 2.5. Целенаправленные действия. Соотношение действий и задач

Термин «действие» употребляется в разных смысла; Часто его применяют для обозначения событий, опи сываемых в этой книге под названием воздействий и операций. В отличие от этого мы будем пользоват ся им только до отношению к действиям, являющим ся в том или ином смысле целенаправленными.

Пусть в некоторой активной системе *Q* существ ют или формируются, во-первых, модель актуально го состояния[1] некоторого предмета *Л* (мы называв ее *отображающей)* и, во-вторых, модель его требу емого состояния, иначе говоря, требование некоторое задачи, предметом которой служит *Л* (последнюю модель мы называем *целевой).* Пусть, далее, систе ма *Q* оказывает на предмет *А* воздействие *W.* Мы назышаем его *действием* (а систему *Q — действую щей системой* и предмет *Л —объектом действия),* если это воздействие обладает указанными ниже особенностями.

Первая из них состоит в том, что целевая модель (точнее, рассогласование между нею и отображаю щей моделью) участвует в причинной детерминации действия. В связи с этим отметим необходимость раз граничения двух следующих понятий. Одно из них описывает целевую модель как таковую, иначе *гово ря,* как требование некоторой задачи. Такая модель может входить в состав активной системы, по не обязательно участвует в детерминации тех или иных осуществляемых ею действий. В отличие от этого вто рое понятие, являющееся видовым по отношению к первому, охватывает только те целевые модели, ко торые в такой детерминации участвуют. Состояние, информацию о котором несет модель этого рода, не только является требуемым (должным), но действую щая система настроена на его достижение именно посредством данного действия (что предполагает, по мимо прочего, соответствующее энергетическое обеспечение).

Воспользовавшись термином, широко использу емым в психологии, можно выразить последнюю мысль и так: целевая модель как детерминанта действия обладает *побудительной* функцией. Последняя находит выражение как в инициации действия, так и в поддержании его протекания, вплоть до достижения требуемого результата (к анализу этого эффекта привлекается ныне понятие целевой установки ПП)- Осознаваемые цели[1], имеющие побудительную функцию, описываются под названием *намерений.*

рассматриваемый вопрос имеет прямое отношение к педагогической деятельности. Много ли стоит цель «сделать ребенка счастливым»[2], если она не воплощается в конкретных намерениях и действиях?

Итак, мы обсудили первую отличительную особенность действия, касающуюся, как мы видели, его детерминации. Перейдем теперь ко второй особенности. Она касается *способа действия,* т. е. процедуры его осуществления. Способ действия (если он описывается как некоторая закономерность, а не как конкретный факт[3]) можно представить с помощью блок-схемы, изображенной на рис. 2; эта схема составлена па основе обобщения многочисленных схем действий, приводимых в психологической, нейрофизиологической, кибернетической литературе. Линии со стрелками идут ма рис. 2 от компонентов способа действия, которые осуществляются раньше, к компонентам, которые осуществляются (или могут осуществляться) позже.

Расшифруем обозначения, использованные на схеме.

Зап («запуск»)—это событие, которое, не входя в рассматриваемую систему операций (способ действия), служит причиной того, что это действие начинается. Запускающим событием может быть, в частности, операция, осуществленная как системой *Q,* так и какой-либо другой активной системой[4].

[1] Здесь предпочтительнее термин «актуальное состояние» (а не «исходное», как в § 2.1), поскольку рассматриваемое со стояние изменяется в процессе действия.

[1] Об осознаваемой цели как частном виде целевой модели см. ниже.

[2] Пример взят у П. Фрейберга [255], анализирующего соотношение целей, намерений и планов в деятельности учителя.

[3] В последнем случае мы говорим о реализации способа Действия (см. ниже).

[4] Н. А. Бернштейн [24, с. 229—230] проводил классификацию действий в зависимости от роли, которую играет в их детерминации внешний пусковой сигнал. Эта роль максимальна в случае рефлекса и минимальна в случае произвольного действия.

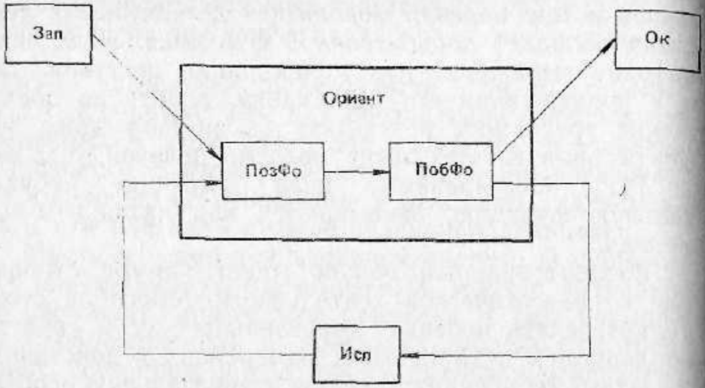

Рис. 2

ПозФо («познавательная фаза ориентировки») — процедура, основная функция которой заключается в формировании *сигнала рассогласования,* т. е. модели, несущей информацию о различии между актуальным и требуемым состояниями предмета *Л* или об отсутствии такого различия. Познавательная фаза ориентировки может выполнять и такие функции, как формирование или изменение в том или ином отношении отображающей и целевой моделей предмета *Л,* а также формирование моделей, несущих информацию о возможных путях преодоления рассогласования между актуальным и требуемым состояниями этого предмета.

ПобФо («побудительная фаза ориентировки»)[1]— операция или процедура, основная функция которой состоит в настройке действующей системы на осуществление тех. или иных последующих операций {сознательно осуществляемый действующим субъектом выбор из заранее известных ему альтернатив является специфическим частным случаем).. Один из возможных результатов операции или процедуры

[1] Разумеется, *ПобФо* не принадлежала бы к ориентировке, не обладай она также и познавательной функцией. Точными (на менее удобными) были бы термины: «чисто познавательная фаза ориентировки» вместо *ПозФо* и «познавательно-побудительная фаза ориентировки» вместо *ПобФо. ПозФо* и *ПобФо* примерно соответствуют введенным Т. Гергеем и Е. И. Машбицем [54; 144J понятиям «собственно ориентировка» и «ориентировка на исполнительную часть способа действия».

ПобФо состоит в прекращении оперирования или переходе к операции *Ок.* В случае реализации какой-либо иной **возможности** *ПобФо* может обеспечивать также формирование *плановой модели,* т. е. такой модели операции ил'и процедуры *Исп* (см. ниже), которая первична по отношению к ней и участвует в ее детерминации.

Исп («исполнение»)—это операция или процедура, которая обеспечивает или должна обеспечить переход предмета *А* из актуального состояния в требуемое. Здесь может возникнуть недоумение: ведь о способе действия, взятом в целом, также можно сказать, что он обеспечивает (.или должен обеспечить) такой переход. Эта трудность преодолевается так: исполнительные операции переводят (или должны переводить) предмет *А* из актуального состояния в требуемое при условии, что действующая система подготовлена к осуществлению такого перевода; операции, предшествующие исполнению в способе действия, обеспечивают соответствующую подготовку.

Наконец, *Ок* («окончание»)—это операция, обеспечивающая формирование сигнала об окончании действия (она в принципе может и отсутствовать).

Блоки способа действия, выделенные на рис. 2,— это его *функциональные части* (данный термин заимствован у Т. Гергея и Е. И. Машбица [54]; Н. Ф. Талызина [209] пользуется понятием «функциональные части действия»). Основными функциональными частями способа действия являются, с одной стороны, упомянутое выше *исполнение,* или исполнительная часть способа действия, и, с другой стороны, *ориентировка,* или ориентировочная часть способа действия. На рис. 2 ориентировке соответствует блок, обведенный жирной линией и обозначенный символом *Ориент.*

Помимо ориентировочной и испольнительной частей действия или способа действия упомянутые выше авторы выделяют ето контрольную часть. Мы считаем более правильным говорить о контроле как об одной из функций ориентировочной части способа действия[1]. В заключительной реализации ориенти-

[1] Ср. у П. Я. Гальперина: «В ориентировочной части предметного действия различаются (в разной степени выраженные и Дифференцированные) познавательная, планирующая и контрольная функции» [51, с. 2S4].

ровки ее контрольная функция выступает наиболее наглядно ввиду исчерпания или сведения к минимуму прочих функций [1].

Структура познавательной и побудительной ф^з ориентировки на рис. 2 не раскрыта: эта структура может быть и простой, и весьма сложной. В частности, в случае так называемой активной ориентировки ее познавательная фаза включает в себя систему операций, изоморфную той, которая представлена на рис. 2, взятом в целом, но отличающуюся тем, что входящее в эту систему «исполнение» является не «настоящим», а осуществляется на модели — «в плане образа». Как отмечает П. Я- Гальперин, «только на основе такого примеривания действия в плане образа... возможно его приспособление к единичным, одноразовым особенностям условий поведения» [53, с. 118]. Высший уровень активной ориентировки обеспечивается человеческим сознанием, позволяющим «проигрывать на моделях» события, сколь угодно удаленные в пространственном, временном и содержательном отношении от непосредственно воспринимаемых ситуаций. А это позволяет, не ограничиваясь приспособлением к таким ситуациям, овладевать все более широкой действительностью.

Перейдем к рассмотрению *реализаций способа действия.* Каждая такая реализация всегда начинается с ориентировочной части и ею же оканчивается (если не считать операции *Ок.).* Функция последней реализации познавательной фазы ориентировки сводится при этом « контролю достижения цели действия. Если исполнительная часть способа действия повторяется *n* раз, то ориентировочная часть повторяется *n*-\-\ раз. В предельном случае я=0, т. е. реализация способа действия не содержит исполнительной части: так обстоит дело, если первая же реализация ориентировки приводит к выбору пути, ведущему к операции *Ок.* В этом случае, говоря словами П. Я. Гальперина, «предметное содержание действия уже не выполняется, а только «имеется в виду» за пределами того, что фактически делается» [51, с. 254].

Итак, реализация способа действия (нередко — оптимальная в конкретной ситуации) может не содержать исполнительных операций. Это касается, в частности, способов осуществления *поступков,* т. е. таких действий, в которых «ведущее значение имеет сознательное отношение человека к другим людям... к нормам общественной морали» [191, с. 537]. Мы процитировали С. Л. Рубинштейна, отметившего также что «в некоторых случаях воздержание от участия в каком-нибудь действии само может быть поступком с значительным резонансом, если оно выявляет позицию, отношение человека к окружающему» [там же]. Как не вспомнить в этой связи о незадачливых воспитателях, оправдывающих свои неуместные (лишь затрудняющие достижение педагогической цели) операции тем, что «надо же было что-то делать» (см. [218, с. 16]).

Введенное выше понятие действующей системы, а также понятия об отображающих, целевых и плановых моделях требуют некоторых комментариев.

Диапазон объектов, к которым применимо понятие действующей системы, весьма широк. В качестве такой системы может рассматриваться и отдельный человек [1] или животное, и коллектив людей, и организация (производственная, политическая и т. п.), и самые различные биологические, технические и человеко-машинные системы, удовлетворяющие приведенному выше определению действующей системы.

Широкой трактовке понятия действующей системы соответствует столь же широкая трактовка понятий об отображающих, целевых и плановых моделях. Для обозначения их осознаваемых форм безоговорочно применимы термины «образ», «цель» и «план». Вопрос об их применимости к неосознаваемым формам этих моделей вызывает непрекращающиеся споры. С нашей точки зрения, дело не в используемых

[1] Отсутствие достаточных оснований для выделения в способе любого действия самостоятельной «контрольной части» нисколько не противоречит важности формирования специальных «действий контроля и оценки» [70], как и, вообще, тому, что достаточно крупные задачи, решаемые в ходе трудовой и учебной деятельности, включают в себя явно зафиксированное в их формулировках (либо в общей инструкции к группе задач) или же подразумеваемое указание, согласно которому решение задачи считается завершенным лишь при условии, что субъект убедился в том, что ома действительно решена (требуется не только получить результат, но и проверить его правильность).

[1] В действии-поступке действующей системой елджит личность.

терминах, а в необходимости учитывать как специфичеокие свойства осознаваемых образов, целей и планов, так и все то, что роднит эти феномены с пш осознаваемыми формами соответствующих моделей. Следует помнить также о наличии разных уровней осознания, равно как и о том, что для формирования сознания необходим определенный уровень развития целенаправленных действий.

Важными характеристиками действий являются их *результаты,* т. е. те состояния различных материальных и идеальных предметов, в которых они оказались вследствие осуществления этих действий. По отношению к *успешным действиям* (т. е. таким, цели которых достигаются) оказывается полезным различение их *прямых результатов* (тех, достижение которых предусматривается целями действий) и всех прочих — *побочных* — результатов [1]. Это различение важно с психологической точки зрения: результат, предусмотренный в осознаваемой цели действия, с большей вероятностью, чем другие результаты, осознается субъектом, лучше запоминается им и в большей мере влияет на его дальнейшую деятельность.

Выделение функциональных частей в способах действий и различение прямых и побочных результатов действий весьма существенны для исследования и построения процесса обучения. Эффективность и развивающие возможности последнего во многом определяются тем, какие функциональные части способов формируемых действий служат основными объектами отработки. Точнее говоря, они зависят от того, каким из упомянутых функциональных частей соответствуют в основном цели (а значит, и прямые результаты) действий, осуществляемых в процессе учения. Подавляющее большинство используемых ныне учебных заданий (требующих, например, нахождения ответа па вопрос математической задачи, запоминания тех или иных сведений и т. п.) нацелено на отработку исполнительных частей способов действий. Важный резерв усовершенствования обучения состоит в увеличении удельного веса заданий, обеспечивающ'их отработку ориентировочных частей указанных способов (см. [144; 209]).

[1] Используются также термины «прямой продукт действия» и «побочный продукт действия» [176].

Как у^е отмечалось во вступлении к настоящей главе, понятие действия (целенаправленного) существенным образом связано с понятиями «задача» и «решение задачи». В самом деле, в детерминации всякого действия участвует целевая модель, т. е. требование некоторой задачи, решаемой действующей системой. Мы говорим в таком случае, что указанное действие *направлено на решение* этой *задачи* (последнее достигается, если действие оказывается успешным).

При характеристике соотношения между действиями и задачами следует учитывать, что в случае сколько-нибудь развитых действующих систем (в том числе, конечно, в человеческой деятельности) те и другие имеют иерархическое строение. Решение достаточно сложной задачи достигается при этом путем осуществления системы действий, каждое из которых направлено на решение некоторой подзадачи этой задачи.

Если фрагмент функционирования действующей системы, соответствующий определенной функциональной части способа рассматриваемого действия, сам может быть описан как действие, то в способе этого последнего действия в свою очередь можно выделить функциональные части. Отсюда вытекает важное следствие: одни и те же фрагменты поведения могут относиться к различным функциональным частям способа действия в зависимости от того, в системе какого действия они рассматриваются. И поэтому, например, одна и та же операция может входить в исполнительную часть способа действия по нахождению причины неисправности какого-либо прибора и одновременно в ориентировочную часть способа более сложного действия по устранению неисправности, охватывающего первое действие.

Выше отмечалась принципиальная важность отработки в процессе обучения ориентировочных частей формируемых способов действий. Учитывая, однако, иерархию действий, следует вести речь о формировании иерархической многоуровневой структуры ориентировки [170].

Глава 3

Основные типы задач

...Необходимо соединить межЛ собой точное и определенное п о нЯ т и е с определенным н а з в а н а е] Пренебрежение этим приведет *к* тя му, что все множество вещей нас ия давит и всякий обмен сведениям прекратится из-за отсутствия общей языка.

Карл Линней [125, с. 27«

Приступая к рассмотрению некоторых важнейши! типов задач, отметим, что такие типы могут выделят' ся: 1) на основании учета только структурны! свойств задач (заданных систем)—эти типы могу! быть установлены уже при рассмотрении задач KJ неотнесенных, т. е. в абстракции от характеристи] решателей (см. § 2.2); 2) на основании учета наряд со структурными также я функциональных свойсп задач — эти типы устанавливаются только для отнj сенных задач.

§ 3.1. Типы задач, устанавливаемые безотносительно к свойствам решателя

В этом параграфе мы рассмотрим типы задач, *вй* деляемые в соответствии с первым из названнш только что принципов, или, конкретнее говоря, в се ответствии со свойствами предмета задачи, а татом отношениями, существующими между этим предм том и требованием задачи.

Прежде всего обратим внимание на то, что и ходпый предмет задачи, как и предмет вообще, м жет быть индивидуальным и родовым (любым из *Щ* которого класса индивидуальных предметов, см § 1.1). В зависимости от этого имеет смысл разля чать *индивидуальные* задачи и *родовые,* каждой которых соответствует некоторый класс индивидуалı ных задач.

Сопоставим введенные понятия индивидуальной! родовой задач с математическими понятиями едипи ной и массовой проблем. С этой целью обратимся

имеру» приводимому А. А. Марковым. «Можно, на-?„мер» интересоваться, — пишет он,— единичными поблбмами о взаимной простоте каких-нибудь двух аиных натуральных чисел. Каждая из этих проблем Формулируется как вопрос: «Являются ли данные на-Зурзльные числа *М* и *N* взаимно-простыми?» Массовая проблема, соответствующая классу этих единичных проблем, будет состоять в разыскании единого общего конструктивного метода, позволяющего узнавать для любых двух данных натуральных чисел *М* Е *М* являются ли они взаимно-простыми» [136, с 190].

Очевидно, что «единичная проблема», по Д. А. Маркову, вполне подходит .под наше понятие «индивидуальная задача». Но «массовая проблема», по А. А. Маркову, является, в наших терминах, задачей нахождения способа (точнее, алгоритма) решения для некоторой родовой задачи.

В раадках общей теории задач и ее психолого-педагогических применений имеет смысл говорить о* родовых задачах не только в тех случаях, когда может быть предложен алгоритм, обеспечивающий решение любой задачи данного класса[1]. Об ориентации на родовые задачи фактически идет речь и та:м, где «анализ условий и требований одной задачи данного класса позволяет человеку выявить о б щ и . й п р и н ц и п р е ш е н и я всех задач этого класса...» [87, с. 28] (таким образом характеризуется так называемый теоретический способ решения задач).

Обращаясь к задачам, решаемым педагогами, следует сказать, что и здесь важно исходить из общих принципов решения задач определенных классов, и педагогическая наука должна стремиться к большей конкретности в разработке таких принципов. Вместе с тем учитель (в особенности это относится к воспитательной работе) должен творчески решать каждую индивидуальную педагогическую задачу, стремясь при этом к возможно более полному учету специфических особенностей каждой формирующейся личности, каждой ситуации, складывающейся в ученическом коллективе.

Продолжая рассмотрение типов задач, определя-

[1] Понятие об алгоритме решения задачи будет рассмотрено в § 3.2.

емых характером предмета задачи, сопоставим ел дующие два случая.

В первом случае предмет задачи материален и тому же не выступает в функции модели. Задача р шается с тем, чтобы обеспечить некое сугубо мат риальное свойство этого предмета (нахождение указанном м°есте, определенную конструкцию, хим чеокий состав и т. п.).

Во. втором случае предметом задачи являет некоторая модель какой-либо моделируемой систем (ее омисавие, изображение, образ в сознании чел века и т. п.). Задача решается с тем, чтобы обесп чить требуемые характеристики информации, котору данная модель несет о моделируемой системе.

В дальнейшем будем называть задачи первого Л рассмотренных типов *материально направленным* а задачи второго типа — *информационными* К

В человеческой деятельности процессы решенД задач обоих этих, типов тесно переплетаются. ТЯ разработка проектов (представляющих собой своЯ образные модели будущих изделий и сооружения необходима для решения задач материального прЯ изводства в промышленности и строительстве. А, скЯ жем, изготовление таких специфических материала ных предметов, как приборы для научных исследя ваний, служит предпосылкой создания научных мЯ делей соответствующей сферы действительности.

В отношении информационных задач следует под черкнуть, что модель — будь то материальная, матЯ реализованная или идеальная (см. § 1.2)—являетЯ предметом информационной задачи именно как мЯ дель чего-то, т. е. в своей информационной функция

Обратимся в связи с этим к такому пример! Скульптурное произведение с точки зрения принято] нами классификации представляет собой материале ную модель: известно, насколько важны в этом виЯ искусства правильный выбор 'материала и умети использовать его качества. Но разве из этого вытя кает, что цель скульптора состоит в приведении, скЯ жем, куска мрамора в некоторое требуемое состоя ние? Материальные модели обладают помимо спЯ цифичеоких свойств общи.м качеством любых мод!

[1] В ранее опубликованных работах автора использовалЯ термин «идеально направленная задача».

А—способностью нести информацию, которая мо-рт быть использована, и именно в этом своем ка-рстве они могут быть предметами информационных задач-

Система, моделируемая предметом информационной задачи, сама может представлять собой модель. При решении задач, заданных определенной формулировкой, или, говоря словами Г. П. Щедровицкого, «определенным текстом условий», такое моделирование модели (иначе говоря, вторичное моделирование) осуществляется при «переходах от текста к выражениям тех знаковых систем, в 'которых • эти задачи могут быть решены» [240, с. 127]. Л. М. Фридман говорит в этом смысле о переходе от «задачи-описания» к «подлинной задаче», т, е. такой, «которая может быть решена средствами того языка, на котором она изложена» [222, с. 9]. О переходе рассматриваемого типа говорят и применительно к решению исследовательских задач. Так, в числе теоретических методов исследования в педагогике выделяют «метод переформулирования исходных данных и конечных требований научных задач в той системе новых понятий и представлений, в которой объективно содержится их решение» [49, с. 70].

Рассмотрение информационных задач мы продолжим в главе 4, а .пока обратим внимание на то, что учет отношений, существующих между предметом и требованием задачи, позволяет подразделить задачи на принципиально неразрешимые и принципиально разрешимые.

Зада-ча является *принципиально неразрешимой,* если в соответствии с закономерностями той области действительности, к которой относится задача, ее решение невозможно, т. е. либо невозможно требуемое состояние предмета задачи, либо хотя оно в принципе и возможно, но невозможен переход к нему из исходного состояния этого предмета. Принципиально неразрешимой является, например, задача построения вечного двигателя или задача оживления умершего человека после наступления необратимых изменений в нервной системе.

Все задачи, не являющиеся принципиально неразрешимыми, естественно называть *принципиально Разрешимыми.*

Здесь следует сделать два уточнения.

Во-первых, подчеркнем, что вопрос о принциЛ альной разрешимости может быть поставлен уже дЯ неотнесенных задач; иначе говоря, он не связан! особенностями тех или иных решателей. Вместе с та если предмет задачи идеален, то вопрос о том, вЛ можно ли некоторое его состояние или некоторы) переход из одного состояния в другое, часто можИ быть решен различным образом — в зависимости 1 принятой договоренности. Например, в классически математике возможен переход некоторого множеств! в состояние, когда количество его элементов оказм вается бесконечным, а в интуитивистской или коЯ структивной математике — невозможен.

Во-вторых, и принципиально разрешимые и прип ципиально неразрешимые задачи существуют к^ задачи (заданные системы), и, стало быть, им здог_у быть поставлены в соответствие некоторые задачиь| формулировки. Псевдозадачная формулировка (œм § 2.1) не описывает, с нашей точки зрения, како| либо задачи, и, следовательно, вопрос о разрешимс ста здесь неуместен.

Сопоставим две формулировки «задач, не имеющих реiце ния», из статьи Я- И. Груденова [65, с. 112]:

«В треугольнике *AEK* ZA=62°, Z£=75°, Z/C=53°. Вычи! лить внешние углы треугольника»; (|)

«Вычислить сторону прямоугольника, если его площадь pa| на 435 $м^2$». (*i*)

Формулировка (1) является псевдозадачной, так как не может существовать (в евклидовой геометрии) треугольник, су| ма углов которого не равна 180". Что касается формулиров! (2), то ее можно считать:

а) формулировкой задачи, имеющей бесконечное множеств решений (в математике такие задачи называют неопред ел енш- ми), если имеется в виду произвольный прямоугольник, об^| дающий указанной площадью;

б) формулировкой принципиально неразрешимой задачи, 4с ли имеется в виду конкретный прямоугольник,. площадь которо| известна. В самом деле, узнать длину стороны прямоугольника, зная только его площадь, невозможно.

По вопросу о целесообразности использования! обучении псевдозадачных формулировок (и, в час| ности, такой их разновидности, как «задачи с лозк ными данными») высказываются разные мнения (с| [78] и [231,]). Что же касается принципиально щ разрешимых задач, то желательность их применения в учебном процессе отмечается многими специалЦ тами. При этом обращается внимание на то, что д/я

«.готовки к практической, трудовой деятельности ясно, чтобы еще на школьной скамье ученик получил правильное представление о том, что не всякая яча и не при любых условиях.... может быть ре- •*££ [231, с. 14].

родовая задача может быть принципиально разнимой ,прИ одних значениях параметра или параметров, характеризующих ее предмет, и принцшшячьно неразрешимой при других их значениях. Отсюда вытекает, что среди индивидуальных задач, входящих в класс задач, соответствующий этой родовой задаче, имеются как принципиально разрешимые, так и принципиально неразрешимые. Как справедливо отмечает С. М. Чуканцов применительно к сюжетным математическим задачам, полезно, чтобы, обнаружив принципиальную неразрешимость индивидуальной задачи, учащиеся переходили «к введению параметров в условие задачи и решению и исследованию задачи в общем виде» [там же].

§ 3.2. Задачи, неразрешимые и разрешимые для определенного решателя. Рутинные, квазирутинные и нерутинные задачи

Понятие отнесенной задачи богаче по содержанию, чем понятие неотнесенной задачи, ибо отражает в себе не только свойства задачкой системы, но и некоторые характеристики отношений между задачной системой и решателем, а также между этими двумя системами и внешней средой. В связи с этим все типы, выделяемые для неотнесенных задач, сохраняют силу и для отнесенных, но, кроме того, типы отнесенных задач могут выделяться и по другим признакам.

В частности, для отнесенных задач сохраняется понятие принципиальной разрешимости (или неразрешимости). Но наряду с ним вводится понятие разрешимости задачи для определенного решателя (того, к которому эта задача отнесена). Отнесенная задача *Mq разрешима* (для решателя Q), если последний способен осуществить процедуру, которая обеспечила бы решение рассматриваемой задачи, и *неразрешима* в противном случае. Совершенно ясно, что если решатели *Q* и *R* не идентичны, то вполне возможно, скажем, что задача MQ неразрешима, а задача Af_R разрешима.

Так, например, разрешимость геометрических за-дач на построение существенно зависит от набора инструментов, которыми разрешено пользоваться в ходе построения. Скажем, задача «об удвоении куба», т. е. о построении отрезка длиной $a\sqrt[3]{2}$, где a — длина данного отрезка, не может быть решена с помощью циркуля и линейки, но может быть решена с помощью циркуля и произвольного угла [229].

В этих рассуждениях следует учитывать, конечно, что в геометрии как математической дисциплине речь идет не о реальных инструментах, используемых в чертежной практике, а о соответствующих им абстракциях («абстрактных инструментах»). Так, например, прямая может быть построена, если она определена двумя точками. Это определение «выражает в абстрактной форме свойство линейки» [там же, с. 8]..

С точки зрения системы понятий, принимаемой в настоящей книге, и реальным и абстрактным инструментам соответствуют некоторые операторы, которыми владеет решатель (соответственно реальный или идеализированный).

Подразделение отнесенных задач на разрешимые и неразрешимые (для определенного решателя) — это один из путей их классификации; основывающейся на выяснении соотношения между задачной системой и средствами решения, которыми обладает решатель. Оставаясь в рамках того же направления классификации задач, можно исходить также из характеристик тех моделей способов решения, которые имеются в решателе и входят в число средств решения задач. В связи с этим необходимо дополнить сведения о таких моделях, представленные в § 2.3, а именно ввести понятия об алгоритме решения задачи и квазиалгоритме решения задачи.

Модель способа решения родовой задачи M_Q, представляющую собой алгоритм и обеспечивающую решение любой индивидуальной задачи из класса задач, соответствующего этой родовой задаче, мы называем *алгоритмом решения задачи M_Q* (или алгоритмом решения задач указанного класса).

Понятие «алгоритм решения задачи» является видовым по отношению к общему понятию алгоритма, описанному в § 1.5. Это следует специально подчеркнуть, поскольку очень часто различие между этими понятиями не проводится, что исторически вполне понятно: алгоритмы издавна разрабатывались и использовались в математике именно как средства решения задач определенных классов. Развитие информатики привело, однако, к необходимости разграничить два понятия алгоритма: более широкое («система правил, по которой совершается определенное преобразование некоторой информации» [247, с. 8]) и более узкое («точное предписание о выполнении в строго установленном порядке определенной системы операций, дающее решение всех задач некоторого класса» [там же, с. 5]).

Смешение общего понятия алгоритма и понятия об алгоритме решения задачи привело в свое время к недоразумениям при оценке так называемых эвристических программ, с помощью которых во многих случаях удается решить на цифровых вычислительных машинах задачи, алгоритмы решения которых не введены в машину и, может быть, вообще неизвестны. Констатация этого вызывала иногда недоумение. Между тем суть дела ясна. Эвристическая программа, как и всякая программа для вычислительной машины, реализует какой-то алгоритм, но он не является, вообще говоря, алгоритмом решения любой задачи того класса задач, на который рассчитана программа, и поэтому не для всех задач этого класса обеспечивает получение правильного результата решения [236].

К понятию «алгоритм решения задачи» примыкает понятие «квазиалгоритм решения задачи». Модель способа решения родовой задачи M_Q, представляющую собой квазиалгоритм, мы называем *квазиалгоритмом решения задачи M_Q,* если алгоритм, эталонный для этого квазиалгоритма (см. § 1.5), является алгоритмом решения задачи M_Q. Понятие «квазиалгоритм решения задачи» является, конечно, видовым по отношению к общему понятию квазиалгоритма, рассмотренному в § 3.5.

Ясно, что на алгоритмы решения задач и квазиалгоритмы решения задач распространяется все то, что было сказано в § 1.5 об общих свойствах алгоритмов и квазиалгоритмов (равно как и то, что было сказано в § 2.3 об общих свойствах моделей способов решения задач). В частности, некоторое предписание не может выступать по отношению к решател Q как алгоритм решения какой-либо задачи, ес хотя бы одна из предусматриваемых этим предпис нием операций не является эффективной для ре теля Q. Точно та'к же предписание не может расс риваться по отношению к решателю Q как кваэи горитм решения какой-либо задачи, если хотя бы на из предусматриваемых указанным предписание операций не является для решателя Q ни эффекта пой, ни квазиэффективной.

Рассмотрим конкретный пример, Пусть ученик хорошо з ет требуемую последовательность операций при перемножен двузначных или трехзначных чисел «в столбик». Но табли умножения он как следует не усвоил и потому, перемножая о позначные числа, часто допускает ошибки. Таким образом, зде не обеспечена высокая вероятность успешного выполнения о раций такого умножения. Поэтому то предписание, которое р лизует ученик, не является для него ни алгоритмом реше задачи, ни квазиалгоритмом решения задачи (и это — несмот на то, что рассматриваемое предписание внешне совпадает «настоящим», математическим алгоритмом).

Алгоритмы и квазиалгоритмы решения за (как и, вообще, модели способов решения зад см. § 2.3) могут находиться в распоряжении решат ля в различной форме. Рассматривая решение зад человеком, следует различать такие случаи.

1. Указанная модель представлена вовне в ви развернутого предписания (инструкции), устанавл вающего содержание и последовательность подлежа щих выполнению операций.

2. Вовне представлена только упрощенная (све нутая) модель способа решения задачи, но субъ при этом владеет способов перехода от нее к ра вернутому предписанию.

Так, например, формулу $(a+b)^2=a^2+b^2+2ab$ можно считать свернутым представлением алгори ма возведения двучлена в квадрат[1].

[1] Пример принадлежит Л. М. Фридману [224]. Он пиш «Учителю математики, который сам владеет алгоритмами, к жется, что указаний, сформулированных в свернутом виде, т. в том виде, в котором принято излагать эти алгоритмы в нау ной литературе, вполне достаточно, чтобы решить самостояте но любую задачу рассматриваемого вида». Но ученику так указаний недостаточно, если он «не умеет самостоятельно п образовать свернутую форму алгоритма в развернутую» [2 с. 132].

3. Субъект помнит предписание и по операциям, и он но производит его под контролем сознания[1].

4. Последовательность операций, предусмотрен-ная предписанием, сформирована на уровне навыка.

Мы называем родовую отнесенную задачу M_Q *рутинной* (соответственно *квазирутинной),* если решатель Q обладает представленным в той или иной форме алгоритмом (соответственно квазиалгоритмом) решения этой задачи. Прочие родовые отнесенные задачи мы называем *нерутинными.*

Введенные понятия можно обобщить на случай индивидуальных задач. Индивидуальную отнесенную задачу NQ мы называем *рутинной* (соответственно *квазирутинной)*, если одновременно выполняются следующие условия: во-первых, задача NQ принадлежит к классу задач, соответствующему рутинной (квазирутинной) родовой задаче; во-вторых, прямая информация (см. § 2.2) об этом имеется в решателе Q или же операция, обеспечивающая отнесение задачи NQ к указанному классу, является для этого решателя эффективной (соответственно квазиэффективной).

Обратим внимание на важность с психолого-педагогической точки зрения второго условия, упомянутого в предыдущем абзаце. Следует считаться с тем, что реальная сфера успешного применения индивидом некоторого способа действия (точнее, сфера, в рамках которой этот способ выступает как квазиалгоритм решения задачи) может быть значительно уже той области, на которую этот способ в принципе рассчитан. В связи с этим обеспечение необходимой общности формируемых способов, с тем чтобы обучаемые были готовы применить их к разнообразным, в том числе не встречавшимся им ранее, ситуациям, выступает в качестве важного дидактического требования.

Индивидуальные отнесенные задачи, не являющиеся рутинными или квазирутинными, мы обозначаем как *нерутинные.*

В педагогическом плане нерутинность для учащихся решаемых ими задач следует оценивать от-

[1] Требование хорошего освоения учебного алгоритма «не означает, что его следует специально заучивать» [178, с. 181]. Значительно полезнее его непроизвольное запоминание в результате многократного осознанного выполнения.

рицательно, если она является следствием недост; точного усвоения тех способов действий, которы учащиеся уже должны владеть на даунам этай учебного процесса. В иных случаях ее следует сч тать вполне нормальным явлением. Более того, ча то она специально проектируется, в особенности системе проблемного обучения.

Употребив последний термин, мы должны отм гить, что наше .понятие нерутинной задачи близкой широко используемому педагогами и психологаИ понятию «проблемная задача» (иногда ее называй просто проблемой). Так, например, Н. А. МенчИ екая писала об «осознании учащимся задачи проблемы, способы решения которой ешс неизве ны» [145, с. 64]. Соответствие этих понятий стан вится отчетливым, если учесть, что обычно при эм имеются в виду способы, гарантирующие (по крЛ ней мере, с достаточно высокой вероятностью) реш ние задачи, а такие способы всегда могут быть пре ставлены как алгоритмы или квазиалгоритмы pemq ния задачи.

Мы, однако, не случайно предпочли термин «*Я рутинная задача» гораздо более распространенной словосочетанию «проблемная задача». Дело в тол что термин «проблема» весьма многозначен (ряд *ж* пектов этой многозначности раскрывается в книга [198] и [233]). Выступая часто (в особенности психологических и дидактических текстах) как *сти* ним выражения «нерутинная (нестандартная) зад ча», он употребляется наряду с этим для обознаЯ ния таких сложных образований, как научная пр§ блема или социальная проблема.

Психологи при характеристике стоящей пер субъектом проблемы нередко подчеркивают мотив] ционные моменты.

Как пишет об этом, например, Д. Берлайн, «ес субъект не способен быстро найти подходящий отв в некоторой ситуации, но сама ситуация не являете для него интересной или важной, так что посла ствия отсрочил в нахождении решения несуществен ны, то можно сказать, что эта ситуация не являеЯ для данного субъекта проблемой в сколько-нибуд значительной степени» [250, с. 284]. Важный да дидактики вывод из такого понимания проблемы *ст* стоит в том, что не только слишком легкая для V4J

ня'ка задача, но и «слишком трудная утрачивает проблемный характер» [201, с. 43].

В дидактических трудах проблеме часто приписыв я}от и Другие (помимо нерутш-гности) свойства. Утверждается, например, что в проблеме «отсутствуют все данные, необходимые для ответа... Тот, кто решает проблему, должен определить, каких фактов ему недостает и как он должен их искать» [201, с. 42]. Во многих случаях исходят из того, что отличительным свойством проблемы является фиксация в ней некоторого диалектического противоречия (ом., например, [169] [1]). В соответствии с этим принимается, что «увидеть проблему — это значит осознать тот вопрос, который вытекает из сочетания несовместимых на первый взгляд информации» [82, с. 29]. В стимулировании путем соответствующего построения учебного материала «проблемного видения» в этом смысле справедливо усматривается одно из важных направлений усиления развивающего характера обучения. Вместе с тем ясно, что «проблема», каК она трактуется здесь,— понятие, намного более узкое, чем то, которое обозначала этим термином Н. А. Меггчинская, а мы называем *нерутинной задачей*.

Обратимся к работам по методике математики. У В. М. Брадиса [39] нашему понятию нерутинной задачи соответствует термин «задача в собственном смысле слова»; таким задачам противопоставляются «задачи-примеры». В. Г. Болтянский [35] подразделяет задания, предлагаемые учащимся, на «упражнения» (понятие, близкое к «задаче-шримеру» в смысле В. М. Брадиса и к нашему понятию квазирутинной задачи) и «задачи» (к последним он относит только, говоря нашими терминами, нерутинные задачи).

А. А. Столяр выделяет «три вида учебных ситуаций, связанных с решением задач...:

I — решение стандартных задач, общий метод решения которых еще неизвестен учащимся;

П — решение стандартных задач, общий метод решения которых уже известен учащимся;

III — решение нестандартных задач» [99, с. 31]. Эти ситуации требуют, отмечает А. А. Столяр,

[1] Обзор разных подходов к классификации используемых **в** о**лучении** проблемных ситуаций дает И. А. Ильницкая [95].

различных стратегий обучения[1]. В ситуации I такая стратегия «должна быть ориентирована на открытие учащимися (с помощью учителя) общего метода решения всех задач данного класса», в ситуации II — «на обучение распознаванию принадлежности частных задач к классам задач, решаемых определенными, уже известными методами», в ситуации III — «на обучение методам поиска решений» [там же, с. 39].

Общий метод, о котором идет речь, можно считать квазиалгоритмом решения некоторой отнесенной к учащемуся Q родовой задачи MQ[2]. Учитывая это, представим в табл. 1 в принятых нами терминах характеристики этой задачи, а также произвольной индивидуальной задачи, принадлежащей к классу, соответствующему родовой задаче MQ.

Следует иметь в виду, что решение рутинной задачи может осуществляться и не в соответствии с алгоритмом ее решения (алгоритмом решения задач соответствующего класса). Аналогично решение квазирутинной задачи может осуществляться и не в соответствии с квазиалгоритмом ее решения. Субъект нередко отдает предпочтение такому подходу, если имеющийся в его распоряжении алгоритм или квазиалгоритм слишком громоздок и есть надежда, обойдясь без него, получить требуемый результат с меньшими затратами труда[3]. Могут быть и другие причины отказа от использования имеющегося квазиалгоритма, например нежелание субъекта выполнять давно известные, наскучившие ему процедуры.

[1] Впрочем, здесь вернее, по-видимому, подход «с другого конца»: в зависимости от дидактических целей, находящих выражение в стратегиях обучения, должны быть построены наборы учебных задач, обладающих определенными свойствами (см. главу 6).

[2] Вместе с тем это может быть алгоритм решения родовой задачи *MR*, отнесенной к идеализированному решателю *R* (см. характеристику способов решения задач в § 2.3).

[3] По мнению А. А. Колпакова, знакомить учащихся с алгоритмами решения физических задач целесообразно «в том случае, если, во-первых, данный тип задачи важен и будет встречаться достаточно часто, во-вторых, алгоритм ее решения не сложен»; если же это не так, то задачу «лучше решать эвристически на основе анализа физических процессов, описываемых в ее условии» [104, с. 51]. Интересно, что и при использовании автоматических решателей «часто желательно (даже необходимо) заменить гарантированную процедуру поиска практически более пригодной процедурой поиска, которая, однако, не гарантирует успеха» [202, с. 255].

Заметим еще следующее. То, что некоторая задача MQ является рутинной (или квазирутинной), отнюдь не исключает нерутинности задачи NQ нахождения оптимального в том или ином отношении способа ре-

Таблица 1

Тип учебной ситуации (по А. А. Столяру)	Родовая задача		Индивидуальная задача	
	до обучения	после обучения	до обучения	после обучения
I	Нерутинная	Квазирутинная	Нерутинная	Квазирутинная
II	Квазирутинная		Нерутинная *	Квазирутинная
III	Не рассматривается		Нерутинная	Нерутинная, но менее трудная

* Если учащийся не владеет способом отнесения задачи к соответствующему классу.

шения задачи MQ. Важная педагогическая цель «формирования алгоритмической культуры учащихся» [227], приобретающая особую значимость в связи с введением курса «Основы информатики и вычислительной техники» и внедрением компьютеров в учебный процесс, предполагает обучение не столько выполнению алгоритмов (которое часто целесообразно передать компьютеру), сколько их рациональному выбору и составлению.

§ 3.3. Четкие, квазичеткие и нечеткие задачи

Требование четкой постановки задач систематически выдвигается в качестве одного из наиболее важных применительно к самым различным сферам человеческой деятельности, в том числе к сфере обучения. В то же время справедливо отмечается, что человеческий разум «не может довольствоваться одними лишь четко очерченными целями» [239, с. 87]. Эта противоречивая ситуация определяет значимость понятий, которым посвящается настоящий парагра[ф].

Мы называем отнесенную задачу MQ (родову[ю] или индивидуальную):

четкой, если прямая информация о том, решей[а] ли эта задача, находится в распоряжении решате[ля] *Q* или если задача установления того, решена ли з[а]дача MQ, является для этого решателя рутинной^

квазичеткой, если прямая информация о том, ре[ше]шена ли эта задача, с вероятностью, достаточ*[но] близкой к единице, находится в распоряжении реш[а]теля Q или если задача установления того, решен[а] ли задача *MQ,* является для этого решателя кваз[и]рутинной;

нечеткой, если она не является ни четкой, ни кца[зи]зичеткой.

Понятия о четкой, квазичеткой и нечеткой зада[а]чах, равно как и понятия о рутинной, квазирутинно[й] и перутинной задачах, имеют, конечно, смысл толы[ко] для отнесенных задач, иначе .говоря, только по отн[о]шению к определенному решателю или решате[лю] определенного типа.

Введенные выше понятия «четкая задача» и «ква[зи]зичеткая задача», с одной стороны, и «нечеткая з[а]дача», с другой стороны, соответствуют одной из о[с]новных трактовок понятий «хорошо определенна[я] задача» («well-defined problem») и «плохо опреде[е]лепная задача» («ill-defined problem»), широко и[с]пользуемых в кибернетической и психолого-педаг[о]гической литературе. Так, согласно Д. Дёрнеру, [в] случае хорошо определенной задачи «существуе[т] алгоритм для принятия решения о том, что достигн[у]то целевое состояние; такой алгоритм не существует для плохо определенной задачи» [253, с. 234] *К*

С точки зрения общей теории задач не исключе[на] на возможность, что нечеткая задача является [ру]тинной или квазирутинной. Но если, как это имее[т] место для учебных задач, задача считается решенной только при условии, что решатель владеет информ[а]цией об этом (см. сноску 2 на с. 48), то, конечн[о],

[1] Вместе с тем о «нечеткой» («плохо определенной», «пло[хо] структурированной») задаче говорят также, имея в виду нед[о]статочную определенность не критерия решенности задачи, [а] самого ее предмета, когда, например, не вполне ясно, что, со[б]ственно, «дано» в задаче. На этом типе «нечеткости» мы вкра[т]це остановимся в § 4.1.

[руИИ]ной может быть только четкая, а квазирутин-[ной] — только четкая или квазичеткая задача. Чет-[к]ояпача может быть, разумеется, .как рутинной или [кв]азируган'И'Ои, так и нерутинной.

Какие требования надо предъявлять к учебным [зада]чам в отношении их характеристик, описанных в [на]стоящем параграфе? Ответ аналогичен тому, кото-[ры]й был дан в § 3.2 в связи с рассмотрением рутин-ных квазирутииных и нерутшшых задач. В учебном [про]цессе нежелательна нечеткость решаемых уча-щимися задач, обусловленная то ли неясностью или противоречивостью формулировок заданий {вообще, неадекватностью обучающих воздействий), то ли не-сформированностью самоконтроля учащихся, неуме-нием оценить успешность своих действий *К* Иное де-ло когда нечеткость задач, о которых идет речь, предусматривается специально с целью стимулиро-вания их самостоятельного уточнения обучаемыми.

Так, академик П. Л. Капица считал целесообразным «ста-вить задачи менее определенно, давая ученику возможность са-мостоятельно подбирать подходящие величины из опыта. Вот примеры таких простых задач[2]. Предложить определить мощ-ность мотора насоса, необходимого для поддержания струи, чтобы тушить пожар шестиэтажного дома. Или другая задача: каких размеров должна быть линза, чтобы собранные в ее фо-кусе солнечные лучи раскалили железную проволоку? Очевидно, ученик сам из жизненного опыта или из справочника... должен подобрать необходимые ему данные... Студенты любят такие задачи, они не имеют точного решения, и это вызывает живое обсуждение» [98, с. 156].

§ 3.4. Внешние и внутренние задачи

Существенными характеристиками отнесенных задач являются отношения, существующие между основны-ми компонентами задачи (ее предметом и требова-нием), с одной стороны, и решателем, с другой.

Наряду с наиболее простым случаем, когда пред-

[1] В этой связи заслуживает упоминания следующая важная Рекомендация: «Контроль учителя должен постепенно заменять-ся взаимоконтролем и самоконтролем, для чего при изучении каждого действия следует указывать способы его контроля» [225, с. 162].

[2] S них проявляется нечеткость как в том смысле, который Рассмотрен в настоящем параграфе, так и в том,-о котором ска-[з]ано в сноске 1 на с. 64.

мет задачи находится вне решателя, возможны сД туации, когда они совладают, когда предмет задачЛ входит в состав решателя или, напротив, решатель в в состав предмета задачи и т. п. Соответствующие примеры приводились в § 2.2'.

Теперь введем понятия о внешних и внутреннЯ задачах.

Задачу, предмет и требование которой находятш вне решателя *Q,* мы называем *внешней* относителья него. *Внутренняя* (относительно решателя Q) — эЯ такая задача, предметам которой служит некотора! имеющаяся в решателе Q модель (а требованием-' соответственно модель требуемого состояния этой ми дели).

Противопоставление внешних и внутренних задИ проводят многие исследователи, использующие, оД наш, различную терминологию. Так, наприме| В. В. Репнин и В. Т. Дорохина [185] называю! внешнюю задачу, находящую применение в процшИ обучения, «заданием», а внутреннюю задачу — прост! «задачей».

Переход от внешней задачи к внутренней имев место в процессах принятия человеком предложещ ной ему извне задачи. При этом «психическому мода лврованию» подвергается как исходный предмет зя дачи, так и ее требование.

Легко видеть, что всякая внутренняя задача яд ляется информационной (см. § 3.1). Кроме том исходя из данной в § 2.5 трактовки понятия целя направленного действия, констатируем, что необходим мым условием осуществления такого действия а'я тивной системой является наличие задачи, впутрея ней для этой системы.

Ясно, что внешние и внутренние (относительЯ произвольно избранного решателя) задачи в своя совокупности, вообще говоря, не исчерпывают мня жества отнесенных (ж этому решателю) задач В этой связи сопоставим понятия «внутренняя зада

[1] Наряду с предметом задачи и решателем можно ввести! рассмотрение также «задающую систему» (т. е. ту, которая ст! вит задачу) и провести классификацию задач, основываясь I отношениях, которые могут иметь место между этими трем объектами. Такую работу, представляющую несомненный психа логический и педагогический интерес, выполнил Н. И. БсЯ данов [30].

ча» и «фактически решаемая задача». Данные тер-иНЫ взаимозаменимы в некоторых 'контекстах, но м-нюдь не во всех- Задача может быть принята от убъектом (и стать внутренней для него) в том смЫ'сле, что он осознает необходимость решать ее, но с тем не менее достаточно сильное намерение действовать в этом направлении может не сформироваться, «фактически решаемыми» являются многие (в том числе материально направленные) задачи, предметом которых не является (в отличие от внутренних задач) заключенная в решателе модель[1]. Правда, каждой такой задаче мож'но поставить в соответствие некоторую внутреннюю задачу.

Решаемая субъектом внутренняя задача, возникшая в результате принятия им некоторой внешней задачи, как правило, по своему содержанию не тождественна ей: здесь имеет место явление, получившее название *доопределения задачи* [144] и играющее важную роль, в частности, в учебной деятельности. Содержание внутренней (доопределенной) задачи зависит от установок, мотивов и целей субъекта, имеющихся у него знаний, способов действий, которыми он владеет, и т. д. Все эти факторы влияют во всяком случае на формируемую в составе внутренней задачи информацию, относящуюся к ее решению (см. § 2.4). Вместе с тем нередко их влияние оказывается настолько значительным, что при переходе от внешней задачи к внутренней изменяются ее основные компоненты: исходный предмет и требование. В таких случаях есть основания говорить о «подмене» или о так называемом *переопределении задачи.* Переопределение учебных задач школьниками — весьма распространенное явление, проявляющееся на разных возрастных уровнях и, как правило, отрицательно сказывающееся на результатах учения. Как отмечает Е. И. Машбиц [144, с. 109], оно происходит особенно часто в тех случаях, когда требование задачи обращено непосредственно к учащемуся ('например, «выучить то-то»). При этом существенную роль играют фактические (часто отличающиеся от декларируемых) требования учителя, под которые «подстраиваются» обучаемые.

[1] Примером здесь могут служить хотя бы двигательные задачи [24; 74].

Отнюдь не всегда, однако, значительное отлич[illegible] внутренней задачи от внешней, на основе которо[illegible] она сформировалась, должно оцениваться отриц[illegible] тель'но. В самом деле, переход субъекта от предл[illegible] женной извне задачи к другой, носящей во многи[illegible] случаях более обобщенный характер, является од[illegible] ним из важных проявлений творческой активно[illegible] [31; 246].

Внутренние задачи могут сформироваться реш[illegible] телем и в отсутствие внешней задачи (самостоятел[illegible] но). Учитывая это, остановимся на соотношении п[illegible] нятий «формирование задачи» и «постановка зад[illegible] чи». Первое из них является более общим. Что [illegible] касается второго, то его можно трактовать двояк[illegible] во-первых, как частный вид самостоятельного форм[illegible] рования задачи субъектом, характеризующийся те[illegible] что достигается ее четкое осознание; во-вторых, к[illegible] исполнительную часть способа действия по постанов[illegible] ке задачи в первом смысле (реализацию ориентир[illegible] вочкой части этого способа действия описывают п[illegible] этом как «усмотрение задачи» [230; 246]).

Проблема постановки задач весьма значима[illegible] педагогической точки зрения. Как показали иссл[illegible] давания, проведенные на материале грамматик[illegible] [64], трудового обучения [179] и др., школьники п[illegible] выкли выполнять четко сформулированные задани[illegible] и не готовы к деятельности, которая предполагав[illegible] самостоятельную постановку задач, а также творч[illegible] ское отношение к задачам, поставленным извне,[illegible] их проверку, дополнение и конкретизацию. Соотве[illegible] ствующие умения, несмотря на их важность для п[illegible] готовки к различным видам труда и для общего [illegible] ственного развития обучаемых, целенаправленно [illegible] формируются ныне (в массовом порядке) ни в сре[illegible] ней школе[1], ни в системе профтехобразования, ни [illegible] вузе. Не удивительно, что затруднения, подобные ука[illegible] занным выше, проявляются на разных возрастн[illegible] уровнях — сошлемся хотя бы на сходные результ[illegible] ты, полученные Т. К- Ч'мут в экспериментах по п[illegible]

[1] Упражнения на составление математических задач по [illegible] товым образцам не формируют, конечно, умения самостоятельн[illegible] ставить задачи. Задачи на составление математических за[illegible] приносят существенную пользу, если они, во-первых, нерутинн[illegible] и, во-вторых, органично включены в систему учебных за[illegible] (см. [245, с. 51—60]).

я«овке математических задач младшими школьниками [230] и взрослыми [19].

Процессы 'постановки задач плодотворно изучают-[illegible] в теоретическом и экспериментальном плане, в [illegible] цептуальных рамках исследования целеобразова-[illegible] [580]. В этой связи отметим, однако, что хотя [illegible]ель субъекта является, несомненно, важнейшим компонентом решаемой им (внутренней) задачи, но этот компонент детерминирует протекание деятельности субъекта лишь в сочетании с отражаемыми его психикой условиями достижения цели.

Приведенное общее положение находит подтверждение в конкретных экспериментальных результатах. Так, упоминавшееся выше исследование постановки математических задач младшими школьниками [230] показало, что они испытывают затруднения не только при выдвижении цели, но и при выделении условий, необходимых и достаточных для ее достижения, нередко они не могут правильно объединить в единую конструкцию поставленную ранее цель и соответствующие ей условия.

Успешная постановка задачи предполагает адекватное отражение субъектом условий достижения цели. Иначе говоря, формируемый субъектом исходный предмет внутренней для него задачи должен быть адекватен ситуации, в которой ему приходится действовать. Это касается, в частности, педагогических задач: «Учителям необходимо иметь не только ясную картину того, какими должны стать дети под их руководством, но и четкое понимание того, что собой они представляют к началу процесса обучения» [77, с 17] (и на каждом этапе этого процесса).

Неадекватное отражение во внутренней задаче объективных характеристик ситуаций деятельности может быть обусловлено не только недостатком знаний у формирующего задачу субъекта, но также Индивидуалыю-типолопичеокими особенностями его «'когнитивного стиля»[1]. Так, в исследовании А. Е. Самойлова [197], проведенном на материале деятельности инженеров по нахождению неисправностей компьютеров, у большинства испытуемых при постановке ими задач обнаружилась достаточно устойчи-[illegible]я склонность либо к игнорированию части сущест-

[1] Этого понятия мы коснемся в § 4.6.

венных признаков ситуации, либо, напротив, к приписыванию ей дополнительных, фактически отсутствующих признаков.

Принимаемая нами широкая трактовка понятия задачи, включение в него нечетких и не формулируемых субъектом задач позволяют утверждать, что формирование внутренней задачи субъектом (то ли под влиянием внешней задачи, то ли без нее) происходит всегда в процессе решения им какой-либо другой внутренней для него задачи. Иногда (в случае так называемых «целевых целей» [180, с. 13]) последняя осознается. Так или иначе важное значение процессов формирования задач субъектом не ставит под сомнение тезис о том, что его деятельность может быть описана как система процессов решения задач.

§ 3.5. Теоретические и практические задачи

Решатель функционирует (воздействует на предмет задачи), будучи «погружен» вместе с ним в некоторую внешнюю среду. Можно провести классификацию задач, основываясь на отношениях между решателем, предметом задачи и внешней средой.

Прежде всего введем различение теоретических и практических задач. *Теоретической* мы называем такую отнесенную задачу *M§,* для которой выполняются следующие условия:

1) изменения предмета задачи возможны только в результате воздействий со стороны решателя С...

2) внешняя среда может влиять на предмет задачи только посредством воздействий решателя (...

Отнесенную задачу, для которой не выполняется хотя бы одно из условий (1) и (2), мы называем *практической.*

Невыполнение условия (2) означает, что наряду с влиянием на предмет задачи, оказываемым через посредство воздействий решателя, возможно и непосредственное влияние внешней среды на этот предмет. Такое влияние может состоять: а) в установлении требований или ограничений, которые должны соблюдаться при переходах предмета задачи из одного состояния в другое (условие (1) может при этом выполняться); б) в обеспечении таких переходов без вмешательства решателя (в этом случае не выполняется ни условие (1), ни условие (2)).

В то время как при решении теоретических задач «существует возможность вернуться при неудаче в произвольную из пройденных ранее позиций» [165, с. 12], в практических задачах такое возвращение — вследствие влияний типа «а» или «б» — чаще всего невозможно. «Работа практического ума, — писал Б. М. Теплов, — непосредственно вплетена в практическую деятельность и подвергается ее непрерывному испытанию, тогда как работа теоретического ума обычно подвергается такой проверке лишь в конечных результатах. Отсюда та своеобразная ответственность, которая присуща практическому мышлению» [214, с. 225].

Те практические задачи, для которых условие (1) выполняется, естественно назвать *статическими,* а те, для которых оно не выполняется, — *динамическими.* Задача может быть динамической вследствие либо того, что предмету задачи свойственны спонтанные изменения, либо того, что он подвержен воздействиям со стороны предметов, входящих в состав внешней среды, либо обоих факторов.

На процесс решения динамических задач зачастую накладываются жесткие временные ограничения. Так (продолжаем цитировать Б. М. Теплова), «в работе полководца... мгновенное решение проблемы является иногда необходимостью; оно не может быть заменено длительным, постепенным решением» [там же, с. 295].

Рассмотрим соотношение между материально направленными и информационными задачами, с одной стороны, и теоретическими и практическими задачами, с другой. Во всякой материально направленной задаче имеет место указанное выше влияние типа «а», проявляющееся, по крайней мере, в обязательности выполнения для предмета задачи всеобщих физических законов[1]. Поэтому всякая материально направленная задача является практической.

[1] Р. Дикке задает вопрос: «Можно ли в ходе выполнения лабораторного опыта игнорировать остальную часть Вселенной? Думается, приходится признать, — отвечает он, — что в принципе и физик, и так приборы так прочно связаны с остальной частью Вселенной, так органически погружены в нее, что даже мысленное разделение их невозможно» [73, с. 14].

(При этом она может быть статической или динами! чеокой. Простейшими примерами здесь могут слуМ жить задачи, решаемые стрелком и предусматри! вающие соответственно поражение неподвижной иля движущейся цели.) Информационная задача может быть как теоретической, так и практической. Окажем! исследовательские задачи, решаемые математиком! представляют собой теоретические информационные задачи. А, например, решаемые учителем задачи пЯ формированию у обучаемых определенных знаний! будучи информационными, являются вместе с тей динамическими практическими задачами[1].

В заключение отметим, что от практических задач в собственном смысле слова (их характеристика данJ выше) следует отличать теоретические задачи прак! тического содержания (для их обозначения естД удобный простой термин: *прикладные* задачи). БдИ лее широкое и продуманное, чем ныне, использова! ние в обучении как практических, так и прикладныз| задач является, несомненно, необходимым.

Глава 4

Познавательные задачи

i ...Если ты не познал какого-нЯ будь предмета и хочешь познать егя то познание надо осуществлять при посредстве другого предмета, коня рый более известен, а иначе не] смысла в твоем познании.

Лбу Али Ибн Сына [93, с. 6Я

Среди информационных задач важнейшее место за нимают *познавательные.* Посвящая им настоящую главу, мы кратко рассмотрим также коммуникативный задачи, весьма сходные с ними по своей структуре^ В этой же главе мы проанализируем соотношения решения задач и творчества (как подтвердит анализ! творческая деятельность обязательно включает ре! шение удовлетворяющих определенным требованиям познавательных задач).

[1] Особенности педагогических задач, определяемые их ди! намическим характером, проанализировал Ю. Н. Кулюткиа [117].

Понятие познавательной задачи, рассматриваемое в общей теории задач, представляет собой обобщение одноименного понятия, используемого в психологии, педагогике, методологии науки. Заметим, что чаще всего о познавательных задачах говорят в тех случаях, когда предусматривается приобретение субъектом информации, рассчитанной на длительное хранение в его памяти (см. [85; 174; и др.]) или же в памяти общества, если речь идет о профессиональной деятельности ученого. Вместе с тем термин «познавательная задача» употребляется в психологии и в более широком смысле, находящемся в соответствии с психологическим понятием познавательного процесса[1]. Однако даже по отношению к этому смыслу понятие познавательной задачи, вводимое в рамках общей теории задач, является обобщенным, поскольку охватывает задачи, отнесенные к решателю любой природы, а не только к человеку-субъекту[2].

§ 4.1. Структура познавательной задачи

Познавательная задача в самом общем смысле — это отнесенная к некоторому решателю задача совершенствования знания, которым он обладает.

Приступая к рассмотрению структуры познавательной задачи, напомним прежде всего (см. § 1.2), что всякое знание можно представить как идеальную модель некоторой моделируемой системы (объекта познания), содержащую в своем составе не менее двух компонентов-моделей. Знание, служащее предметом познавательной задачи, можно описать как систему взаимосвязанных компонентов-моделей двух типов. В исходном состоянии предмета задачи только компоненты первого типа несут достаточно полную информацию о соответствующих компонентах объекта познания. В отличие от этого информация, которую несут компоненты второго типа, недостаточно полна. Компоненты объекта познания, моделируемые

[1] Так, согласно Г. С. Костюку, «понять новый объект — это значит решить какую-то, пусть маленькую познавательную за«ачу» [по, с. 198].

[2] Возможность введения такого понятия не означает, конечно, будто «решатель любой природы» может быть субъектом познания в том смысле, в каком этой способностью обладает человек.

компонентами-моделями первого и второго типов, — это то, что принято называть соответственно *изве\ст-ными* и *неизвестными* предметами.

Рассмотрим весьма простой пример, а именно ria] знавательную задачу, сформулированную следу^ щим образом:

«В прямоугольном треугольнике *ABC* длина гипотенузы Да «составляет 10 см, а длина катета *АВ* — 6 см. Найти площад! треугольника».

Исходный предмет этой задачи представим с по! •мощью табл. 2. Он состоит из компонентов-моделей! которыми служат строки таблицы. Каждая из нЯ описывает соответствующий компонент объекта пЯ знания (треугольника).

В рассматриваемой задаче длина гипотенузы ЛЯ и длина катета *АВ* описаны достаточно полно — эт! известные предметы. Недостаточно полно описана длина катета *ВС* и площадь треугольника ЛВС 4 это неизвестные предметы. В строках таблицы, опш бывающих эти предметы, имеются 'незаполненный ((обозначенные вопросительными знаками) клетки! Связи между моделями известных и неизвестны! предметов обеспечиваются в данном случае теоремо! Пифагора и формулой для вычисления площади прЯ моугольного треугольника.

Таблицам

Наименование предмета. моделируемого компо-нентом-моделью	Математическая характеристика этого предмета	Единица измере-ния	Численное значе-нце
Длина гипотенузы *АС*	Положительное действительное число	*СМ*	10
Длина катета *АВ*	То же	»	6
Длина катета ВС	» »	»	?
Площадь треугольника *ЛВС*	» »	*СМ*^{2}	? 1

[1] Ср. принятое в психологии мышления (начиная, по края ней мере, с О. Зельца) представление, согласно которому в каяЯ дой проблемной ситуации имеются незаполненные места (пр<Я белы), которые требуется заполнить.

0так, наличие наряду с неизвестными известных /или, как еще говорят, данных) предметов обязательно для всякой познавательной задачи. Правда, в литературе иногда встречаются высказывания, которые могут быть восприняты как противоречащие этому положению. Так, Т. В. Кудрявцев отмечает, qто в проектно-конструкторской задаче (которая, с нашей точки зрения, является частным случаем познавательной) «часто указываются лишь цель и функции требуемого технического устройства, а сами данные никак не определены...» [115, с. 206]. Это верно, если под «данными» понимать (как это и делает Т. В. Кудрявцев) принцип действия устройства, тип элементов, из которых оно должно строиться, и т. п. Но с точки зрения теории задач «цель и функции требуемого технического устройства» в задаче разработки его проекта — это тоже известные, т. е. «данные», предметы.

Что касается различия между известными и неизвестными предметами, то оно состоит вовсе не в том, что информация о первых имеется в исходном предмете задачи, а о вторых — якобы отсутствует. Еще раз подчеркнем, что исходный предмет познавательной задачи несет информацию как об известных, так и о неизвестных предметах[1]; разница лишь в том, что в первом случае эта информация достаточно полная, а во втором — недостаточно полная. Существенно также, что информация о неизвестных предметах содержится в исходном предмете задачи не только в моделях этих неизвестных предметов (это прямая информация, см. § 1.2), но и в связанных с такими моделями моделях известных (и других неизвестных) предметов (это уже косвенная информация).

Описав исходный предмет познавательной задачи,, охарактеризуем теперь ее требование. Оно предусматривает перевод всех или некоторых из компонентов указанного исходного предмета, являющихся моделями неизвестных предметов, в разряд моделей известных предметов, иначе говоря, перевод всех или некоторых из моделей неизвестных предметов в та-

[1] Как отмечает Е. Б. Кузина, «если древние греки не знали строения атома, то они не знали и об этом своем незнании, и потому для них структура атома не была областью незнания» [116, с. 61].

кое состояние, когда полнота содержащейся в ни информации будет достаточной (не меньшей, чем тр буемая).

Те неизвестные предметы, к моделям которых о носится требование познавательной задачи, — э *искомые* предметы. Искомыми являются, таким о разом, все или некоторые из неизвестных предметов Так, например, в рассмотренной выше задаче иско мым является только один из неизвестных предме тов, а именно площадь треугольника.

Можно сказать, что всякая познавательная зада ча требует пополнения содержащейся в некоторое знании (в исходном предмете этой задачи) прямо информации об искомых предметах.

Неизвестные предметы, не являющиеся искомыми в рассматриваемой задаче, могут быть искомыми в ее подзадаче (такова в приведенном примере длин катета BC). Неизвестные предметы подобного род называют промежуточными или вспомогательными неизвестными [223]. В познавательных задачах ч сто моделируются и такие неизвестные предметы (а математических задачах это так называемые «неоп ределенные неизвестные» [там же]), которые не я ляются искомыми ни в рассматриваемой задаче, ни в каких-либо ее подзадачах, но используются для установления связей между известными и искомыми предметами (точнее, между их моделями).

Применяя к познавательным задачам общее по нятие о решении задачи (см. § 2.2), констатируем что решение познавательной задачи — это такое воз действие на ее предмет, в результате которого он оказывается содержащим достаточно полную прямун информацию об искомых предметах. Здесь уместна принять подход, согласно которому для достаточном полноты информации требуется, во-первых, ее доста точный объем и, во-вторых, ее достаточная адекват ность. Такое воздействие на предмет познавательной задачи, в результате которого обеспечивается доста точный объем, но не обеспечивается адекватност прямой информации об искомых предметах, можн назвать *псевдорешением* указанной задачи (обычна в таких случаях говорят о «неверном решении» или «ошибочном решении»).

Решение познавательной задачи может быть фор мально описано как превращение высказывательной

жор^ы'[1] в истинное высказывание, а псевдорешение такой задачи — как превращение той же высказывательной формы в ложное высказывание. Основанные на этом принципе «высказывательные модели» задач предложил Л. М. Фридман [там же].

Присоединяясь к общепринятой терминологии, будем называть решение познавательной задачи также *Нахождением искомых* (предметов). По отношению к каждому искомому предмету имеет смысл различать следующие случаи:

1) когда его нахождение невозможно (принципиально или для данного решателя);

2) когда его нахождение возможно, причем может быть найден только один результат решения (т. е. только одна удовлетворяющая требованию задачи модель рассматриваемого искомого предмета, несущая о нем достаточно полную информацию);

3) когда его нахождение возможно, причем может быть найдено конечное число (большее, чем 1) различных моделей описанного характера (различных приемлемых результатов решения);

4) когда его нахождение возможно, причем множество приемлемых результатов решения, которые могут быть найдены, бесконечно[2].

На понятии искомого (точнее, искомого предмета) следует остановиться несколько подробнее. Принимаемая здесь трактовка этого понятия находится в полном соответствии с той, которая общепринята в математике (и в педагогике математики)[3]: если, скажем, в некоторой задаче требуется узнать численное значение величины *x*, то для математика ясно, что искомым в задаче является именно *x*. А. В. Бруш-

[1] *Высказывательной формой* называют «предложение, в составе которого имеется переменная (или несколько переменных) и которое при одних значениях переменной является истинным высказыванием, а при других — ложным» [там же, с. 22].

[2] В терминологии Л. Л. Гуровой случаю 2 соответствует «задача с определенным условием», т. е. задача, структура которой «содержит достаточно ограничений для получения определенного результата решения» [67, с. 29]; случаям 3 и 4 соответствует «задача с неопределенным условием».

[3] При этом мы предпринимаем попытку эксплицитно описать сущность понятия искомого (а также понятий известного и неизвестного), в то время как в математических работах они употребляются как интуитивно ясные.

линский [42] считает, однако, что подобная трактов! ка неправомерна с точки зрения психологии мышдЛ ния, главным образом, вследствие того, что она иг| норирует многократные изменения направленности мыслительного процесса решения задачи.

Как отнестись к этой позиции? Верно, разумеется, что «всё более содержательные определения иско| мого... лишь постепенно и с трудом добываются в хо| де всего мыслительного процесса решения задачи! [там же, с. 125]. Но из этого следует только то, чЛ психолог, исследующий процесс решения задачи некоторым субъектом, не вправе ограничиться, фиксацией искомого, существующего в принятой субъектом задаче (тем более во внешней задаче, см. § 3.4), но обязан интересоваться также прочими объектами которые субъект должен искать или фактически ищет, решая задачу. (Иначе говоря, он обязан им тересоваться /искомыми подзадач решаемой субъек! том задачи.) Вместе с тем неверно, на наш взгляд игнорировать искомое исходной задачи или, как эта сделано в книге [42], отказывать ему в «статусе» искомого, и на этом основании отвергать эврш стическое правило: «С самого начала нужно ясна видеть, что является искомым».

Заметим, что педагогическая ценность этого прЯ вила (адресованного, конечно, человеку, решающем! математическую задачу, а не психологу, изучающем! его деятельность) едва ли подлежит сомненин Пусть, например, школьник приступает к решении задачи, где нужно вычислить полную поверхности усеченного конуса. Важно, чтобы он сразу же хореи шо осознал это требование и понимал, что значи| «полная поверхность», не путая ее, скажем, с бокс! вой поверхностью.

Степень представленности компонентов познавД тельной (как и любой иной) задачи в ее формулировке может быть весьма различна. Как отмечаем Л. М. Фридман, «все обычно встречающиеся в практике и в учебном процессе задачи — это задачи J неполно заданной (свернутой) информацией» [223, с. 49]. В частности, связи между компонентами-моделями, входящими в состав предмета познавательной задачи, очень часто не фигурируют в формулировке задачи в явном виде; так обстоит дело и в рассмотренном выше примере. Нередко выделение связей,

ора на которые позволит решить задачу, требует больших усилий. Существенно также, что, хотя, как отмечалось выше, известные предметы должны быть представлены (смоделированы) в познавательной задаче, вовсе не обязательно, чтобы они были представлены столь же полно в ее формулировке, где они могут лишь подразумеваться.

При этом в общем случае отнюдь не тривиален вопрос о том, что именно представляют собой «подразумеваемые» в формулировке задачи известные предметы. Это в особенности касается задач, решаемых в реальных жизненных ситуациях — в профессиональной деятельности, в быту и т. д. — и являющихся, в терминологии Х. Дрейфуса [79], «задачами с открытой структурой». Как отмечает этот исследователь, в отличие от настольных игр и тестов (в отличие также от подавляющего большинства учебных задач, добавим мы) такие задачи «поднимают вопросы, связанные с трудностями трех типов: приходится определять, какие факты могут иметь отношение к рассматриваемой задаче, какие из них действительно имеют к ней отношение и какие из этих последних существенны, а какие нет» [там же, с. 224]. Х. Дрейфус прав в том, что указанные трудности ставят особенно серьезные проблемы перед разработчиками систем искусственного интеллекта. Вместе с тем они, несомненно, должны учитываться и в психолого-педагогических исследованиях, в частности в связи с необходимостью подготовки обучаемых к успешной постановке и решению задач, соответствующих реальным жизненным (в том числе производственным) ситуациям.

Мы говорили о том, что содержание познавательной задачи не исчерпывается сведениями, явно представленными в ее формулировке. Но столь же справедливо и то, что отнюдь не все компоненты формулировки в общем случае существенны для решения задачи. В связи с этим С. Л. Рубинштейн обращал внимание на важность выделения «условий задачи в собственном смысле слова... которые обусловливают решение и включаются в качестве необходимых посылок в ход рассуждения, ведущего к решению» [192, с 85—86].

В заключение отметим, что либо познавательные задачи могут решаться без *доступа к внешней инфор-*

мации (в этом случае в процессе решения может использоваться только информация, заключенная в самом решателе и в формулировке или иной предъявленной решателю модели задачи), либо такой доступ может быть предоставлен.

Наличие доступа к внешней информации определяется: а) фактическим существованием такой внешней информации, которая могла бы быть использована для решения задачи; б) наличием у решателя средств ее извлечения и применения; в) отсутствием запрета на ее использование (например, студенту на экзамене может быть запрещено или разрешено пользоваться справочными пособиями).

Ясно, что задача, неразрешимая без доступа к внешней информации, может оказаться разрешимой (для того же решателя) при наличии такого доступа.

§ 4.2. Пути решения познавательных задач

Как отмечалось выше, предмет познавательной задачи уже в исходном состоянии содержит некоторую (пусть весьма бедную) прямую информацию об искомых предметах, а в результате решения задачи достигается необходимое пополнение этой информации. Оно может быть осуществлено разными путями, в том числе:

а) путем использования решателем связей между компонентами-моделями, входящими в состав предмета задачи, и преобразования благодаря такому использованию косвенной информации об искомых предметах в прямую;

б) путем извлечения решателем недостающей прямой информации из системы, моделируемой предметом задачи, т. е. из объекта познания;

в) путем генерирования решателем недостающей прямой информации.

При психологическом анализе деятельности, в том числе учебной [109], рассматриваются типы решаемых субъектом задач, соответствующие тем психическим процессам, которые обеспечивают в основном их решение. При этом выделяются, в частности, мыслительные, перцептивные, имажинативные (активизирующие воображение) задачи. Все эти разновидности задач принадлежат к познавательным (в том смысле последнего термина, который принят в на-

стоящей книге). Обращаясь к названным выше путям решения познавательных задач, констатируем, что для решения *мыслительных* задач требуется преимущественное использование пути «а»[1], для решения *перцептивных* задач — пути «б», *имажинативных* задач — пути «в».

Существенно, что независимо от того, должны ли использоваться другие пути, путь «а» всегда необходим в той или иной мере для решения познавательных задач. Новая прямая информация всегда должна увязываться при их решении с информацией, имеющейся в исходном предмете задачи[2].

Как было показано в § 4.1, для того чтобы считать познавательную задачу решенной, необходимо, в частности, достижение достаточной адекватности содержащейся в предмете задачи прямой информации об искомых предметах. Возникает вопрос, о какой адекватности идет речь: безусловной или условной (см. § 1.2). Ясно, что оценивать безусловную адекватность рассматриваемой информации имеет смысл лишь в той мере, в какой используется упомянутый выше путь «б» решения познавательной задачи. В той мере, в какой используется путь «а», оценивать следует условную адекватность прямой информации о каждом искомом предмете, считая его эталонной (достаточно адекватной) моделью исходный предмет познавательной задачи. Здесь следует учитывать, конечно, как прямую, так и косвенную информацию об искомых предметах, содержащуюся в этом исходном предмете. Если используется и путь «а», и путь «б» (а путь «б», как было сказано выше, всегда сочетается с путем «а»), то для обеспечения достаточной адекватности содержащейся в предмете задачи прямой информации об искомых предметах нужна и ее достаточная условная адекватность (по отношению к исходному предмету

[1] Мышление, писал С. Л. Рубинштейн, «заключается в том, чтобы, отправляясь от эксплицитно данного, известного, определять то, что дано имплицитно...» [192, с. 15].

[2] Объем этой последней информации может быть, конечно, весьма различен. Как замечает, характеризуя перцептивные процессы, У. Найссер, «вы можете быть готовы к тому, чтобы увидеть «что-то», или «кого-то», или своего шурина Джорджа, или улыбку на лице Джорджа, или даже циничную улыбку на лице Джорджа» [154, с. 74].

задачи как эталонной модели), и ее достаточная! безусловная адекватность (по отношению к непоШ средствеино воспринимаемому объекту познания) if Не исключено, что эти требования вступают межд\1 собой в логическое противоречие, т. е. не могут бытд одновременно удовлетворены — в таком случае рас] сматриваемая познавательная задача оказывается принципиально неразрешимой. Чтобы она превратил лась в принципиально разрешимую, должны быти внесены изменения в ее исходный предмет[2].

Применительно к пути «в» говорить об адекваЯ ности содержащейся в предмете задачи прямой ил формации об искомых предметах не имеет смысла' поскольку, когда решается задача, эти последний предметы еще не существуют. Следовательно, при совместном использовании путей «а» и «в» (напош ним, что путь «в» всегда сочетается с путем «а»] требуется обеспечить, как при использовании одноги лишь пути «а», только достаточную условную адея ватность рассматриваемой прямой информации по отношению к исходному предмету задачи как к эта лонной модели.

Путь «в» при прочих равных условиях может им рать тем большую роль в решении познавательном задачи, чем больше для каждого иском оно предмет» может быть найдено приемлемых результатов решЯ ния (см. § 4.1). Ситуации, когда их может быть мши го, характерны для задач, решаемых в области иску<Я ства. Как пишет музыкант-педагог Н. Е. Перельмая «задачи в искусстве отличаются от арифметически] тем, что не только решения, но и ответы у них бея конечно разнообразны. Распространенное среди ис-полнителей «списывание» с граммофонных пластиной стирает это отличие» [166, с. 13].

Приведем примеры использования в учебном про* цессе рассматриваемых разновидностей познавателя ных задач. Перцептивные задачи учащиеся должна решать, например, когда от них требуется «рассмот реть рисунок, определить, что на нем изображено, ?айти главные части объекта» и т. д. [153, с. 29]. Если же требуется также «сравнить объекты или процессы ... сделать выводы» (см. [там же]), то дол-JeH произойти переход к мыслительной задаче. Та-кие переходы желательно предусматривать, руководя учебной деятельностью школьников.

[1] Как пишет У. Найссер, имеющаяся у воспринимающего субъекта перцептивная схема «делает возможным развитие Л некоторым определенным направлениям, но конкретный хараИ тер такого развития определяется только взаимодействием Ш средой» [154, с. 75—76].

[2] В психологической интерпретации это означает, что даЪ жны быть перестроены перцептивные схемы (можно сказа] также: перцептивные установки субъекта).

Решение имажинативных задач требуется, в частности, при выполнении так называемых образных заданий по истории, когда надо, опираясь на полученные знания, представить себе и описать событие, которое когда-то происходило (или могло происходить) rgi]. Например, надо рассказать о древнеегипетском войске и его походе в чужую страну[1]. Здесь следует подчеркнуть, что образное задание только направляет учащихся на решение <имажинатив,ных задач, но не обеспечивает ,его, поскольку они обычно «стремятся заменить творческий подход к историческому материалу репродуктивным» [там же, с. 37]. Поэтому следует специально обучать их «оперировать своими представлениями, создавать на основе полученной информации новые образы» [там же, с. 39]. Необходимо также обеспечить 'благоприятную психологическую атмосферу: «Учащиеся охотно и успешно выполняют образные задания только в том случае, если безусловно доверяют своему учителю, убеждены в его чуткости и доброжелательности» [там же].

В качестве мыслительных задач (в одних случаях— квазирутинных, в других — нерутинных) выступают в психологическом плане математические задачи. Для их решения в принципе достаточно одного только пути «а». Вспомним хотя бы задачу, проанализированную в § 4.1. Использование связей между моделями известных предметов и моделями неизвестных предметов позволило решить ее без того, чтобы непосредственно извлекать информацию из системы, моделируемой предметом задачи (например, путем измерения с помощью линейки каких-либо размеров треугольника *ABC)*[2].

Сошлемся в этой связи на определение математи-

[1] Таким образом, фактически здесь решается и коммуникарвная задача (см. § 4.3).

[2] Сказанное не исключает эвристического значения изучения Чертежа.

ческой задачи С. О. Шатуновским: «Задача есть Щ ложение требования «найти» по «данным» вещ other, «искомые» вещи, находящиеся друг к дру и к данным вещам в указанных соотношениях» [234 с. 3] '. В рамках педагогики математики это опр деление, сформулированное еще в 1910 г., по сей де остается одним из лучших. Правда, В. М. Брад [39] критиковал его на том основании, что под нег якобы не подходят многие задачи на доказательств С этим трудно согласиться: ведь способ доказатель ства (точнее говоря, последовательность операци посредством которых из известных определений, сиом и теорем, а также из имеющихся в задаче све- дений о конкретных объектах логически выводи то, что требуется доказать) также можно счит «искомой» вещью, находящейся в указанном отнош нии к «данным» вещам (ср. [42, с. 122]).

Путаница здесь возникает из-за неоднозначное понятия «данное» (применительно к конструктивно техническим задачам мы говорили о ней в § 4. При характеристике процесса доказательства в ма- тематике принято называть *данным* («тем, что •но») ту информацию, из которой должна логически следовать некоторая другая информация («то, ч требуется доказать»). Но с точки зрения теории дач и «то, что дано», и «то, что требуется доказать» в равной мере являются известными («данными» предметами.

В § 4.1 шла речь о том, что компоненты познав тельной задачи могут быть в разной степени пре ставлены в ее формулировке. В связи с этим засл живают внимания выделенные Н. В. Гродской (материале школьного курса родного языка) вид мыслительных задач, различающиеся по «степен сформулированности и сокращенное™ их условия

1) задача, «сформулированное условие котор содержит систему известных и неизвестных данны

[1] Подчеркнем, что здесь речь идет именно о математически •Задачах, а не о прикладных задачах, решаемых с помощью тематики. В таких задачах обычно приходится «уточнять у ловие посредством обращения к источнику информации. Источ яиками, датчиками информации являются: сам рассматриваем объект, заказчик, для которого решается задача, справочные п собия и др.» [13, с. 55]. Примеры подобных задач, использова шихся академиком П. Л, Капицей в вузовском курсе физики, м приводили в § 3.3.

а также требование установить значения неизвест- ных».

2)' задача, «в сформулированном условии которой содержатся неизвестные и требование установить их значения, а системы известных данных, с которыми должны быть соотнесены неизвестные в процессе ре- шения задачи, нет»;

3) задача, «сформулированное условие которой состоит только из требования установить значения неизвестных, хотя самой системы неизвестных, как и системы известных, нет. Задачи этого вида часто встают перед учащимися в форме обобщенного во- проса, лишенного специфических особенностей: «Что это?», «Почему?», «Вследствие чего?» и т. п.»;

4)' задача, «условие которой вообще не формули- руется, а лишь задается общими требованиями на- личной ситуации. {Примером задач этого вида могут быть разные орфографические и пунктуационные за- дачи, которые приходится самостоятельно решать учащимся при написании контрольных диктантов, из- ложений, сочинений и т. п.)» [64, с. 119]. Необходи- мо, чтобы учащиеся умели выделять ситуации, где требуется поставить такую задачу, правильно ее ста- вили и решали '.

Наряду с охарактеризованными выше разновид- ностями познавательных задач при психологическом анализе деятельности рассматриваются также *мне- мические* задачи, в том числе задачи запоминания и задачи вспоминания. Легко убедиться в том, что и они могут быть интерпретированы как познаватель- ные (в принимаемой нами трактовке последнего по- нятия). В самом деле, задача запоминания направле- на на обеспечение достаточной полноты того сохра- няемого в памяти знания, которое сможет быть актуализировано в процессе будущей, предстоящей Деятельности, с тем чтобы выступить в качестве средства решения ее задач [199]. При этом подле- жащая запоминанию информация всегда привязы- вается к уже хранящейся в памяти (например, текст стихотворения — к его названию).

Проявление характерных свойств познавательных задач в задаче 'вспоминания проиллюстрируем на ти-

[1] Методику обучения школьников постановке орфографиче- •ких задач описывает О. Г. Дзюбенко [72].

личном примере. «Предположим,—писал У. Джемс, что мы пытаемся вспомнить забытое имя. Любопытно состояние нашего сознания. В нем существует пробел... Это пробел, который интенсивно активен. В нем имеется разновидность «двойника» имени, манящего нас в правильном направлении, вызывающего у нас иногда трепет от чувства нашей близости и затем отбрасывающего нас назад без нахождения искомого термина. Если нам предлагаются неправильные имена, этот однозначно определенный пробел действует немедленно таким образом, чтобы отвергнуть их. Они не соответствуют его шаблону. И пробел одного слова не похож на пробел другого...» (цит. по: [159, с. 149]) [1]. С нашей точки зрения описанный здесь «пробел» можно охарактеризовать как существующую в сознании субъекта модель, несущую недостаточно полную информацию об имени, хранящемся в памяти субъекта, но скрытом (пока задача не решена) от сознания.

Для решения мнемических задач, так же как и перцептивных, преимущественно используется выделенный выше путь «б» (извлечение недостающей прямой информации из объекта познания), совмещаемый в большей или меньшей степени с путем «а» (использованием связей между компонентами знания, находящегося в распоряжении решателя — в данном случае познающего субъекта). Однако, в то время как в перцептивной задаче объект познания находится, как правило, вне субъекта, в задаче запоминания таким объектом является некоторый уже сформированный в процессе восприятия образ (модель, находящаяся в поле сознания), а в задаче вспоминания — модель, хранящаяся (наверняка или предположительно) в психике субъекта, но вне поля сознания.

Мнемические задачи используются в обучении весьма широко. Не всегда, однако, их применение оправдано, и способы их решения сплошь и рядом далеки от оптимальных. Тенденция многих учащихся к механическому заучиванию нередко фактически поддерживается учителями и даже некоторыми методистами (соответствующие факты приводят

[1] Отечественный читатель хорошо знаком с художественным описанием рассмотренного У. Джемсом феномена, которое дал А. П. Чехов в рассказе «Лошадиная фамилия».

Я. И. Груденов [66]). Путь к ее преодолению лежит в вооружении учащихся «приемами логического запоминания» [там же, с. 123] и, вообще, в обеспечении тесной взаимосвязи мнемических и мыслительных задач в процессе учения.

§ 4.3. Коммуникативные задачи и их соотношение с познавательными

Как уже отмечалось, с познавательными задачами во многом сходны *коммуникативные*. Подобно понятию познавательной задачи, понятие коммуникативной задачи допускает как психологическую трактовку, так и более общую, вводимую в рамках общей теории задач.

В соответствии с этой последней трактовкой структура коммуникативной задачи может быть описана так. Предметом коммуникативной, как и познавательной, задачи является нуждающееся в усовершенствовании знание, причем структура этого предмета в его исходном состоянии совершенно аналогичная той, которая была описана в § 4.1 для познавательных задач. Отличие состоит в следующем. Решая познавательную задачу, некоторый решатель Q совершенствует знание L_Q, которым он сам обладает; решая же коммуникативную задачу, он совершенствует знание L_R, которым обладает другая активная система — реципиент (скажем, R). Сущность этого совершенствования состоит в приведении знания L_R в соответствие с принимаемым за совершенное знанием L_Q, которым владеет решатель Q (знания L_Q и L_R описывают, конечно, один и тот же объект познания — обозначим его K). Критерием решенности коммуникативной задачи являются достижение достаточной условной полноты информации [1], несомой знанием L_R об объекте K, причем за эталонное принимается знание L_Q.

От этой общей трактовки легко перейти к психологической, если принять, что Q — решающий коммуникативную задачу субъект, а R — другой субъект, знания которого он должен обогатить (или, может быть, каждый субъект из некоторой группы, например из класса, с которым работает учитель Q). Чтобы

[1] Характеристика этого понятия была дана в § 1.2.

решить коммуникативную задачу, направленную на обогащение знаний субъекта *R*, субъект Q должен организовать решение субъектом *R* соответствующей познавательной задачи (или обеспечить такое решение, если данная коммуникативная задача поставлена перед субъектом Q самим субъектом *R*). Решить коммуникативную задачу субъект-реципиент *R* может лишь в том случае, если каким-то (пусть весьма неполным) знанием обладает заранее (вспомним анализ познавательной задачи в § 4.1). Недаром источник информации сравнивают с сосудом, из которого способен испить только тот, кто «пил до этого из других сосудов, чтобы быть подготовленным к восприятию информации» [41, с. 23].

Решение коммуникативных задач школьникам специально организуется, в частности, при их обучении выразительному художественному чтению. Например, вниман'ие детей привлекается к тому, что «сказывая сказку, надо помогать не только живо представить происходящее, но и направлять ожидания слушателей... Побуждая учеников манерой сказывания воздействовать на слушателей, вызывая то настороженность, то восхищение, любование, можно раскрыть мастерство сказочников, искусство повествования» [45, с. 28].

Недостаточное внимание учителя к насыщению деятельности учащихся коммуникативными задачами снижает ее мотивацию и результативность. На уроках, констатирует Г. М. Иваницкая, «мы чаще всего ставим детей в такое положение, когда они говорят и пишут ради самого процесса, не обращаясь ни к кому и не преследуя никакой цели (если не считать получение оценки)». В этом она усматривает «важнейшую причину того, что сочинения и высказывания школьников часто бывают неинтересными и невыразительными» [93а, с. 6].

В противовес подобной практике стимулируемое учителем стремление решить коммуникативную задачу способствует активизации не только речевых, но и познавательных процессов. Так, при изучении иностранного языка оно «подводит учащегося к необходимости поиска средств выражения (нужных слов). Ученик находит их в словаре, тексте, «просит» у учителя» [89, с. 5]. В экспериментах В. В. Андриевской [9] младшие школьники должны были вычленить

...еловую структуру сюжетного рисунка (мыслительная задача) и описать эту структуру понятно для партнера-соученика (коммуникативная задача). Было установлено, что наличие последней способствует выработке эффективных стратегий анализа изображений.

§ 4.4. Вопросы и ответы. Закрытые и открытые задачи

Введем в рассмотрение понятие *вопроса*. В рамках теории задач вопрос можно определить как знаковую модель (обычно — словесную формулировку) требования познавательной или коммуникативной задачи (или же части такого требования, относящейся хотя бы к одному из фигурирующих в задаче искомых предметов). С этой точки зрения вопросом следует считать не только предложение «Чему равен периметр квадрата?», но и предложение «Найдите периметр квадрата».

Здесь используется, таким образом, не грамматическое, а логическое понятие вопроса. Характеризуя его, Ф. С. Лимантов отмечает «очень сложную взаимосвязь вопросов с грамматическими формами их выражения в естественных языках» [124, с. 17]. И хотя «наиболее адекватной формой 'воплощения вопроса в естественном языке является вопросительное предложение» [там же], вопрос может выражаться также повелительными и повествовательными предложениями, а вопросительное предложение иногда выражает утверждение, просьбу и т. п. Под понятие вопроса, как оно определено выше, не подпадают и так называемые неправильные (незаконные) вопросы, например: «Какова температура атома газа?» «Этот вопрос, — пояснял И. К. Кикоин, — Незаконен потому, что понятие «температура» относится к газу, состоящему из большого числа атомов в состоянии равновесия, для определенного атома такого понятия нет» [100, с. 9]. Неправильный вопрос можно рассматривать как компонент или частный вид псевдозадачной формулировки (см. § 2.1).

Знаковая модель соответствующего определенному вопросу результата решения познавательной задачи — это *ответ* на указанный вопрос. Ответ является *правильным*, если достигнута достаточная полнота (т. е. и объем, и адекватность) информации об искомом предмете (предметах), которого (которых) касается вопрос; *неправильным,* если не достигнута ее достаточная адекватность; *частичным,* если при достаточной адекватности не достигнут требуемый объем информации.

Как было показано в § 4.1, множество достижимых приемлемых результатов решения познавательной задачи (по отношению к каждому искомому предмету) может быть пустым, конечным (в простейшем случае содержащим только один результат) и бесконечным. Для познавательной задачи, имеющей сформулированное требование (т. е. один или большое число вопросов), здесь следует говорить о множестве достижимых правильных ответов на вопрос задачи (или на каждый из ее вопросов).

Если рассматриваемое множество конечно, то возможны ситуации, когда оно является подмножеством некоторого множества (содержащего обычно еще и неправильные ответы), все компоненты которого представлены в исходном предмете задачи. В этом случае, чтобы решить задачу, достаточно выбрать (для каждого из ее вопросов, если их больше одного) подходящий ответ из находящегося в распоряжении решателя набора вариантов. Познавательные задачи, в которых для всех искомых предметов имеют место такие ситуации, будем называть *закрытыми,* а все прочие познавательные задачи — *открытыми*[1].

Для того чтобы четкая закрытая познавательная задача оказалась рутинной (или квазирутинной), в принципе достаточно предоставить в распоряжение решателя алгоритм (или квазиалгоритм) поиска ответа (ответов) на вопрос (вопросы) задачи. (Поиск понимается при этом как процесс выделения элемента с заданными свойствами из некоторого конечного множества.) Как пишет Дж. Слэйгл, характеризуя решение задач системами искусственного интеллекта, «если для нахождения достаточно провести поиск среди небольшого числа возможностей, задача тривиальна — программа в состоянии просто рассмотреть все эти возможности» [202, с. 255]. Если, однако, приходится вести поиск среди большого числа возм-

[1] Сходные понятия закрытой и открытой задач рассматривает Ю. Козелецкий [258].

ностей, то процесс поиска может оказаться слишком громоздким, так что иногда целесообразнее обратиться к нерутинному способу решения задачи. Об этом мы уже говорили в § 3.2.

От понятий закрытой и открытой задач следует отличать понятия *закрытого* и *открытого вопросов.* Закрытым называют такой вопрос, в котором множество возможных ответов на него перечисляется явным образом или задается его грамматической формой. Прочие вопросы называют открытыми.

Так, например, вопрос «Чем различаются снег и лед?» является открытым, а вопрос «Что быстрее тает: снег или лед?» — закрытым. К закрытым вопросам относятся, в частности, такие, которые требуют ответа «да» или «нет».

Задача, сформулированная в виде вопроса «Чем различаются снег и лед?», также является открытой. Но иногда задача закрыта, хотя и формулируется с помощью открытого вопроса.

Рассмотрим в качестве примера грамматическую задачу из сборника упражнений по русскому языку, в которой для каждого из существительных, содержащихся в предложенном тексте, требуется указать род, число и падеж. Хотя возможные значения рода, числа и падежа не перечислены явно в формулировке задачи, т. е. все вопросы задачи являются открытыми, саму задачу естественно считать закрытой, если эти значения хорошо известны решающему ее учащемуся (и поэтому, рассматривая задачу как отнесенную к нему, целесообразно при ее анализе считать, что информация об этих значениях включена в исходный предмет задачи).

На деятельность учащегося по решению задачи оказывает влияние не только то, является ли открытой или закрытой задача, но и то, являются ли открытыми или закрытыми вопросы, содержащиеся в формулировке этой задачи. Так, в программированном обучении использование закрытых вопросов (и соответственно так называемых выборочных ответов) побуждает некоторых учащихся, в особенности слабых, к попыткам отгадывать правильный ответ вместо того, чтобы находить его путем рассуждений.

§ 4.5. Трехкомпонентные познавательные задачи [1]

Рассмотрим класс познавательных задач, в который идет речь о некоторой процедуре (в частном случае — одиночной операции) *(Пр),* переводящей некоторый предмет из начального состояния *(НС)* в конечное состояние *(КС).* В предмете любой задачи этого класса можно выделить три компонента, моделирующие соответственно состояние *НС,* состояния *КС* и процедуру *Пр,*

Начальные и конечные состояния, а также операции и процедуры, моделируемые компонентами предмета познавательной задачи (они названы в статье [16] *состояниями, операциями* и *процедурами первого рода),* не следует смешивать с начальным (исходным) и конечным (требуемым) состояниями всей предмета задачи, т. е. с так называемыми *состояниями второго рода,* и с *операциями* и *процедурами второго рода,* осуществляемыми решателем и направленными на перевод предмета задачи из исходного состояния в требуемое.

Различие операций первого и второго рода проиллюстрируем на примере простейших задач, формулировки которых приводятся ниже.

Задача 1. «$2+3=x$. Найти x».

Способ решения: складываем числа 2 и 3. Получаем: $x=5$.

Задача 2. «$2+x=5$. Найти x».

Способ решения: из 5 вычитаем 2. Получаем $x=3$.

В обеих задачах операцией первого рода является сложение. Но в качестве операции второго рода сложение выступает только в задаче 1, в то время как в задаче 2 операцией второго рода служит вычитание. Заметим, что эта задача представляет собой алгебраическую модификацию одного из видов так называемых обратных арифметических задач, вызывающих при отсутствии правильного педагогической руководства значительные трудности у детей в начале школьного обучения. Их источник лежит именно в различии между операциями, представленными в предмете задачи, и теми операциями, которые должен осуществить ученик, чтобы решить ее.

Применительно к задаче 2 можно говорить о предметах «2» и «3» как о находившихся в начальном (несложенном) состоянии первого рода; в конечном (сложенном) состоянии первого рода они выступают в виде одного числа 5. В то же время уравнение $2+x=5$ представляет собой начальное состояние предмета задачи в целом (состояние второго рода). Найдя значение x, удовлетворяющее данному уравнению, решатель преобразует предмет задачи к виду $2+3=5$, представляющему собой конечное состояние второго рода.

К сожалению, в литературе по решению задач нередко допускается смешение состояний и операций первого и второго рода. Это связано с тем, что одни и те же термины: «наличное (исходное, начальное) состояние» и «потребное (требуемое, конечное) состояние»—используются, как правило, без всяких оговорок для обозначения состояний то первого, то второго рода.

Обратимся к шуточному примеру У. Рейтмана. Рассматривая «классическую задачу превращения свиного уха в шелковый кошелек», он говорит, что, «если дано, что имеется свиное ухо, эта задача в значительной степени сводится к задаче отыскания последовательности операций над этим ухом, превращающих его в шелковый кошелек» [184, с. 187]. Но из того, что первая задача «в значительной степени сводится» ко второй, никак не вытекает допустимость отождествления первой (материально направленной) задачи со второй (познавательной). Исходным состоянием предмета первой задачи является свиное ухо, а требуемым состоянием — шелковый кошелек. Исходным состоянием предмета второй задачи является описание превращения свиного уха в шелковый кошелек, не содержащее описания (достаточно полного) процедуры этого превращения (но и свиное ухо, и шелковый кошелек описаны с достаточной полнотой и в этом смысле совершенно «равноправны» в отличие от их явного неравноправия в первой задаче). Требуемым же состоянием предмета второй задачи является такое описание указанного превращения, в котором его процедура описана достаточно полно.

Имеет смысл различать шесть видов трехкомпонентных познавательных задач рассматриваемого класса (см. табл. 3, где даны также простейшие примеры формулировок задач каждого вида). В таблице использованы обозначения *НС, Пр* и *КС,* расшифрованные в начале параграфа. Знаком «+» обозначается известный компонент; знаком «—»— неизвестный.

[1] Термин «трехкомпонентная задача» заимствован у У. Рейтмана [184].

Таблица -я

Шесть видов трехкомпонентных познавательных задач

№ п/п	Вил. задачи	*НС*	*Пр*	*КС*	Пример Формулировки задачи
1	Задача *исполнения*	+	+	—	«Пользуясь таблице! синусов, найти сину(27° 35'»
2	Задача *преобразования*	+	—	+	«Доказать, что sin 105° = cos 15°» V
3	Задача *восстановления*	—	+	+	«Пользуясь таблице? синусов, найти arcsin 0,412»
4	Задача *построения*	—	—	+	«Представить чися 0,825 как какую-либо(тригонометрическую] функцию острого *ш* ла»
5	Задача *использования процедуры.*	—	+	—	«Дать пример нахож? дения синуса угла *ш* помощью таблицы»
6	Задача *использования имеющ^гося состояния*	+	—	—	«Указать значение кш кой-либо тригономет! рической функции уп ла 48"»

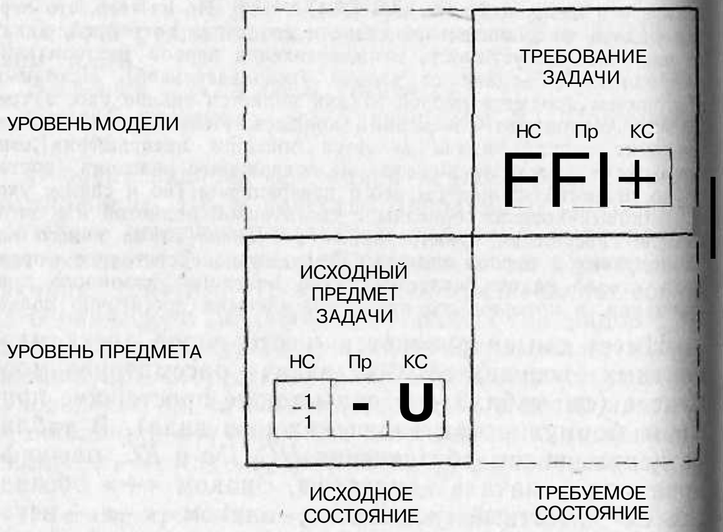

Рис. 3

Б качестве иллюстрации на рис. 3 дана схема задачи преобразования (она является, конечно, одной дз возможных конкретизации общей схемы задачи, представленной на рис. 1, см. с. 34). Различие состояний (#С и *КС),* моделируемых компонентами предмета задачи, и состояний (исходного и требуемого) этого предмета в целом представлено на схеме весьма наглядно'.

Итак, задачи преобразования — это частный вид познавательных задач. Но тогда верно ли, что «в большинстве случаев решение задачи — это процесс преобразования некоторой начальной (заданной) ситуации в некоторую конечную (требуемую) ситуацию» [138, с. 32]? С нашей точки зрения, именно так обстоит дело при решении не большинства, а всех задач. В преобразовании исходного состояния предмета задачи в требуемое состоит решение любой задачи, в преобразовании несовершенного знания в более совершенное—решение любой познавательной (а также коммуникативной) задачи. Не нужно только смешивать это преобразование с тем, которое служит объектом познания и способ которого в некоторых познавательных задачах — именно они названы в табл. 3 задачами преобразования — является искомым.

Примером задачи преобразования является знаменитая задача о квадратуре круга, формулируемая следующим образом: «Дан круг, радиус которого известен; требуется построить при помощи циркуля и линейки квадрат, площадь которого в точности равнялась бы площади этого круга» (эта задача, как известно, принципиально неразрешима).

Обратим внимание на то, что мы .относим данную задачу к задачам преобразования, хотя по классификации, принятой в геометрии, это задача на построение: построение с точки зрения геометрии и с точки зрения общей теории задач — разные вещи.

Ряд примеров задач построения (в том смысле, какой придается этому термину в теории задач) приводит У. Рейтман. Он, в частности, пишет: «Рассмотрим, с одной стороны, ученого, который хочет дать объяснение странному явлению, которое он только что наблюдал, а с другой стороны, вора, который ищет себе алиби, чтобы доказать свою непричастность к событиям, приведшим к его аресту. К,ак бы они ни отличались во всем остальном, оба сходны в том отношении, что перед ними стоят задачи, для которых характерно то, что они включают достаточно хорошо определенные конечные состояния и по существу бессодержательные начальные состояния процессы» [184, с. 197—198].

Классификация трехкомпонентных познавательных задач оказывается полезна при интерпретации результатов психологических экспериментов. Так, в исследовании А. Е. Самойлова [197] (мы уже упоминали о нем в § 3.4) была установлена склонность многих субъектов ставить перед собой задачу преобразования даже в тех ситуациях, которые объективно требуют постановки более сложной по своей структуре задачи построения. Была выделена также группа лиц, которые, напротив, склонны ставить перед собой задачу построения даже в тех более простых ситуациях, которые объективно требуют постановки задачи преобразования. На основе проведенного исследования разработаны рекомендации по учету такого рода склонностей при организации трудовой и учебной деятельности.

Говоря о возможных педагогических применениях рассматриваемой классификации, отметим, что в учебных целях применяют, как правило, задачи первых четырех из представленных в табл. 3 видов. Между тем задачи пятого и шестого видов могут быть не менее полезны. К последнему виду относятся, в частности, так называемые задачи-модели, разработанные Е. И. Машбицем [141] и оказавшиеся весьма эффективными. В таких задачах указывалась, например, какая-либо одна характеристика прямоугольного треугольника (скажем, синус одного из острых углов) и требовалось найти все характеристики, которые можно определить исходя из нее.

Отнесение познавательной задачи, сформулированной определенным образом, к тому или иному из рассмотренных видов может зависеть от того, каким образом исследователь выделяет компоненты предмета задачи, какие именно подразумеваемые сведения он считает добавленными к сведениям, явно содержащимся в формулировке задачи.

Так, например, задача, имеющая формулировку «Решить уравнение $x^2-5x+6=0$», может быть истолкована как задача восстановления, где x есть неизвестное начальное состояние некоторой числовой величины, а известны, во-первых, произведенная над этой величиной процедура, состоящая из операций возведения в квадрат, умножения, вычитания и сложения, и, во-вторых, ее конечное состояние — нуль. По той же формулировке можно поставить в соответствие и задачу исполнения, где неизвестен результат решения уравнения (его корни), известен начальный вид уравнения и предполагается известной процедура его решения.

Заметим, что если описываемая задача трактуется как неотнесенная, то обе указанные интерпретации равноправны. Если же она рассматривается как отнесенная к школьнику, который должен ее решать, то ее следует считать задачей исполнения, если этому школьнику известен общий метод решения квадратных уравнений, и задачей восстановления, если такой метод ему не известен, но он понимает, что значит «решить уравнение».

В предметах познавательных задач описываемого в настоящем параграфе класса можно выделять три компонента иным образом, чем описано выше (см., например, [165]); вместе с тем иногда оказывается полезным выделять четыре компонента. Так, Ю. М. Колягин показал (применительно к школьным математическим задачам), что полезно вводить в рассмотрение наряду с тремя компонентами, которые могут быть отождествлены с описанными выше, еще и четвертый, который он назвал «базисом решения задачи» [106, ч. I, с. 51]. Последний представляет собой «теоретическую или практическую основу» для преобразования начального состояния изменяемого предмета в конечное посредством определенной процедуры (примером здесь может служить теорема, устанавливающая правомерность такого преобразования).

Ю. М. Колягин построил классификацию четырехкомпонентных задач и на ряде примеров продемонстрировал, что она «дает возможность, изменив формулировку почти любой традиционной школьной задачи, получать задачу нового типа» [там же, с. 63]. Это позволяет существенно обогатить находящийся в распоряжении учителя набор обучающих воздействий.

Продолжим применительно к познавательным зад. чам начатое в главе 3 рассмотрение средств решения задач.

Для решения нерутинных познавательных зад оказываются необходимыми так называемые *эври стческие средства.* Эвристическими (применительно к задаче MQ) мы называем все средства (помимо алгоритмов и квазиалгоритмов ее решения), котору обладают следующими свойствами: а) они находят ся или могут находиться в распоряжении решателя Q; б) они являются моделями для него, т. с. несу для него информацию; в) их применение делает воз можным или облегчает[1] (или хотя бы может сделать возможным или облегчить) решение задачи *MQM*

Часто эвристические средства называют проем «эвристики». Мы предпочитаем термин «эвристиче ское средство» во избежание смешения с «эвристи кой» как отраслью науки[2].

Всякое эвристическое средство можно охарак ризовать, во-первых, его *силой,* т. е. тем, в как мере применение этого средства уменьшает (или мо жет уменьшить) трудность рассматриваемой зад или задачи рассматриваемого класса[3], и, во-втор *широтой сферы применимости,* т. е. объемом кла задач, трудность которых может быть уменьшав благодаря применению этого средства. Примерами эвристических средств с весьма узкой сферой приме нимости являются подсказки и намеки, относящиеся к содержанию конкретной индивидуальной задачи. Примерами эвристических средств, обладающих чрезвычайно широкой сферой применимости, мо служить основные законы формальной и диалект ской логики.

Понятие эвристического средства, как мы его тр туем, охватывает очень широкий круг самых рази

[1] Под «облегчением» здесь понимается уменьшение ура трудности задачи (см. § 5.1) по сравнению с тем случаем, ко при прочих равных условиях рассматриваемое эвристически средство отсутствует.

[2] Обзор разных трактовок термина «эвристика» С. И. Шапиро [232, с. 47—49].

[3] Термином «эвристическая сила» пользуется Н. Нил [158, с. 64].

дцых образований, начиная от наглядных пособий кончая возникающими у субъекта ассоциациями даже его эмоциями [44]. Распространяя на эв йстические средства проведенную в § 1.2 классифи кацию моделей, мы различаем материальные, мате авизованные и идеальные эвристические средства.

Приведем несколько примеров. При решении задачи, связанной с анализом работы какого-либо технического устройства, его действующая модель может служить материальным эвристическим средством. В качестве материализованных эвристических средств могут выступать печатные инструкции, графические схемы, устные указания руководителя работы и т. п. Те же указания, когда решающий задачу человек вспоминает их, или та же схема, как она существует в его представлении, — это уже идеальные эвристические средства.

Рассмотрим (не приводя соответствующих определений) некоторые виды эвристических средств.

1. Эвристические сведения. Применительно, например, к физическим задачам в качестве таковых выступают закон Архимеда, закон сохранения энергии и другие физические законы.

Заметим здесь, что важную эвристическую роль способны играть сведения, а также образы, казалось бы, не имеющие отношения к содержанию решаемой задачи. Это связано с тем, что, говоря словами Э. де Боне, «вы никогда... не получите новой идеи, если будете изучать только ту информацию, которая соответствует старой идее» [37, с. 97].

2. Эвристические предписания. Их примерами могут служить разработанные Б. А. Гохватом (и с успехом использованные в школьном обучении) указания по построению «учебных алгоритмов преобразования» [63].

Приведем одно из них. Оно направлено на получение «учебного алгоритма», обеспечивающего построение математического объекта на основе его генетического определения. Для получения такого «учебного алгоритма» нужно: «1) выделить операции, необходимые для построения объекта; 2) найти рациональную последовательность; 3) определить логические условия их выполнения; 4) выделить дополнительные операции, которые производятся в случае невыполнения логических условий; 5) построить учебный алгоритм» [там же, с. 8].

Весьма развернутыми эвристическими предписанияМи являются разработанные Г. С. Альтшуллером [8] различные .модификации «алгоритма решения изобретательских задач» (АРИЗ). С точки зрения описываемой в настоящей книге системы понятий, это, конечно, не алгоритм и даже не квазиалгоритм, поскольку эффективность или квазиэффективность предусматриваемых им операций вовсе не гарантируется.

3. Эвристические рекомендации. Примером их набора служит следующий отрывок из указаний Д. Пойа по решению «задач на нахождение».

«Рассмотрите неизвестное. И постарайтесь припомнить знакомую задачу с тем же пли подобным неизвестным. Сохраните только часть условий, отбросив остальные; в какой мере теперь определяется неизвестное? Как можно его варьировать? Сумеете ли вы вывести что-нибудь полезное из данных? Сможете ли вы **придумать** другие данные, из которых можно было бы определить неизвестное?» [171, с. 84].

Системы эвристических рекомендаций, рассчитанные на использование на разных этапах процесса решения учебных математических задач, приводит Ю. М. Колятин [106, ч. II, с. 135—137].

Подобно алгоритмам и кваэиалгоритмам решения задач (см. § 3.2), эвристические сведения, предписания и рекомендации могут находиться в распоряжении решателя в различной форме: то ли *внешней опоры,* то ли *внутреннего достояния.*

В качестве эвристических сведений, являющихся внутренним достоянием субъекта, выступают его *знания,* находящие применение при решении задачи. Что касается *умения* субъекта решать задачи некоторого класса, то его естественно трактовать как квазиалгоритм решения задач этого класса или и обладающее достаточной силой эвристическое предписание по их решению при условии, конечно, что такой .квазиалгоритм или предписание является внутренним достоянием субъекта.

Как известно, в современной психологии активно исследуются так называемые *стратегии* — .психические образования, обеспечивающие «интеграцию основных операций в сложные формы мышления» [253, с. 241]. Каждая стратегия применима обычно к достаточно широкому классу задач. Таковы, например выделенные при изучении творческой деятельности

конструкторов «мыслительные стратегии поиска аналогов, комбинирования, реконструирования, а также объединенные, универсальные стратегии...» [150, с. 56]. Возрастающее внимание уделяется анализу стратегий учения и формированию у обучаемых наиболее эффективных из них [252; 254].

В пашей системе понятий *стратегию решения задачи* (или задач некоторого класса) можно охарактеризовать как эвристическое предписание или рекомендацию, находящуюся в распоряжении решателя и несущую информацию о свойствах способа решения данной задачи (или любой задачи данного класса).

Стратегии решения подзадач некоторой задачи описываются иногда под названием *тактик* [150]. Для характеристики индивидуально-типологических особенностей, выражающихся в предпочтении определенных стратегий, используется понятие *когнитивного стиля* [256] (в том числе стиля учения [254], стиля мышления). Резонно обращается внимание на важность осознания субъектом «собственного стиля мышления, его сильных сторон и его слабостей» [251, с. 8].

Среди эвристических средств, используемых для решения мыслительных задач, особую роль играют так называемые *общелогические указания* (выступающие в форме сведений или предписаний). Они несут информацию о средствах и способах рассуждений безотносительно к особенностям предметов, о которых эти рассуждения ведутся. При этом полезно различать *доказательно-логические* и *правдоподобно-логические* указания, несущие соответственно информацию о способах и средствах доказательных и правдоподобных рассуждений [173].

Логику правдоподобных рассуждений нередко называют эвристической логикой. Д. Пойа говорит об «эвристических умозаключениях» в противоположность доказательным [там же, с. 244]. Термин «эвристический» имеет в этом контексте примерно такой смысл: «способствующий получению новых правдоподобных суждений, но не обеспечивающий доказательства их истинности». Такое словоупотребление рож'ет, на наш взгляд, порождать путаницу, поскольку эвристическими (облегчающими решение нерутинных познавательных задач) средствами являются и доказательно-логические указания, которые не имеют отношения к логике правдоподобных рассуждений [1].

Общелогические указания (как доказательно-логические, так и правдоподобно-логические), являющиеся достоянием субъекта, играют весьма важную роль в решении им разнообразных познавательных задач. В связи с этим продолжает оставаться актуальной не решенная до сих пор проблема специального формирования общелогических умений у школьников [14; 133].

Отметим в заключение важную роль и недостаточную разработанность (в том числе применительно к школьному обучению) *содержательно-логических указаний.* В отличие от общелогических они несут информацию о средствах и способах рассуждений, посвященных не любым предметам, а принадлежащим некоторой области. Наибольшую ценность представляют при этом рассуждения, реализующие принципы диалектической логики и находящие применение при формировании содержательных (теоретических) обобщений [69].

§ 4.7. Решение задач и творчество

Осуществляемая ныне перестройка всех сторон жизни нашего общества предполагает существенное повышение творческой активности советских людей. С особой убедительностью выступает это требование по отношению к системе народного образования. Февральский (1988 г.) Пленум ЦК КПСС указал на необходимость «утверждать в каждом учебном заведении атмосферу упорного учебного труда, заинтересованного, творческого, ответственного отношения к овладению знаниями» [4, с. 73]. Откликаясь на решения пленума, известные педагоги-новаторы призывали учителей к «ежедневному и ежеурочному творчеству, к неустанному вовлечению в «сотворчество» учащихся [145а, с. 2, 3]. В этих условиях

[1] Нередко в литературе вообще противопоставляют «эвристическое» «логическому», но это связано с употреблением, по крайней мере, одного из этих терминов в совершенно иной смысле, чем принятый нами. Так, И. Мюллер разграничивает «эвристические последовательности операций» и «логические последовательности операций» [152, с. 22]. Второй термин при этом означает, однако, не что иное, как алгоритмы решения задач.

исследования творчества в психологическом и педагогическом аспектах становятся особо актуальными. Поэтому в соответствии с темой книги рассмотрим соотношение творчества и решения задач.

Понятие творчества, как известно, весьма многогранно. Многие из его трактовок при всех своих достоинствах не подходят для наших целей, будучи либо слишком широки (таково, например, понятие «творчества в самом широком смысле... как механизма развития, как взаимодействия, ведущего к развитию» [176, с. 17]), либо чересчур узки (здесь мы имеем в виду принятое в социологии, науковедении, искусствоведении и других науках понятие творчества как создания продуктов, обладающих выраженной социальной ценностью и новизной) [1]. Нас интересует творчество в психологическом плане как совокупность тех компонентов деятельности субъекта, которые хотя бы для него оказываются носителями принципиально новых качеств.

В соответствии с проблематикой настоящей книги сосредоточим внимание на том, с какими характеристиками решаемых субъектом задач сопряжено творчество.

Начнем с введенного в § 2.1 различения задач сохранения (удержания) существующего положения вещей и задач его изменения. Какой из этих типов задач в большей мере требует творчества? Поначалу ответ представляется очевидным: ведь именно в инновациях принято видеть сущность творчества. В действительности дело обстоит сложнее. Во-первых, изменение существующего положения приводит к состоянию, новому по сравнению с тем, которое непосредственно предшествовало ему, но отнюдь не обязательно — к принципиально новому. Во-вторых, задачи удержания сложнее многих инновационных в том отношении, что требуют учета не только актуальных, проявляющихся в данный момент, но и потенциальных свойств предмета задачи, прогнозирования его возможных изменений. На этой основе часто должны предприниматься действия, отличные от тех, к которым побуждает решающего восприятие наличной ситуации. А это значит, что предъявляются до-

[1] Разумеется, ничто не помешает нам обращаться к образцам социально ценного творчества как к примерам деятельности, творческий характер которой не вызывает сомнения.

полнительные требования к его волевым и интеллецЯ туалиным качествам.

Итак, характер результата решения задачи (изЯ менение наличного состояния или обеспечение егЯ сохранения) не может служить критерием творчества.

Следующее предположение, которое мы обсуди^' состоит в том, что такой критерий лежит в новизне для субъекта используемого им шюсоба решения. £е мы отражаем посредством понятия о нерутинной задаче (см. § 3.2), которое явилось уточнением *ишл* poiKo используемого понятия «проблемная задача», Известно, что термины «проблемная задача и «твор. чеакая задача» часто употребляются психологами ц| педагогами как синонимы. Но оправдан ли подобный подход?

Представим себе такую ситуацию. Пусть ребенок дошкольного возраста должен путем последователе иого нажатия на несколько кнопок находящегося ,)|Н ред ним аппарата добиться того, чтобы зажглась еfl лампочка. Пусть ребенок не владеет никаким опосо| бои, обеспечивающим с достаточно высокой вероят* ностью решение задачи (в том числе и способом сЯ стемэтического перебора возможных последователь! ностей). Тем не менее не исключено, что, действуя методом ироб и ошибок, он в конце концов решит задачу. Задача является здесь нерутинной для рЯ бейка, но для ее решения не требуется творчество (как оно интуитивно понимается), а значит, нет (Я новамий считать эту задачу творческой.

Мы постарались выбрать яркий пример. Но в плохо организованном учебном процессе встречается множество ситуаций, когда учащиеся, не владея сгН собами решения предлагаемых им задач, действуют наугад, вслепую перебирая известные им возможности. При этом иногда они попадают в точку: р е з у я тат совпадает с приведенным в учебнике ответом иЛ одобряется учителем. В таких случаях оказываются решенными нерутшгные задачи—<но никак не творческие.

Итак, из того, что задача является нерутиншЯ для субъекта, не следует, что она требует от нЛ творчества. Но может быть, хотя бы из того, что Я дача является квазирутинной для пего, можно сД# лать вывод, что творчества от него и'е требуется Такая гипотеза выглядит весьма правдоподобной. I

Обратимся опять к примеру. Предположим, что педа'ктор газеты поручил журналисту срочно подготовить материал на определенную тему. Этот журналист в прошлом всегда успешно справлялся с такого рода заданиями, и редактор уверен, что он не подведет и на этот раз. Значит, решаемую журналистом задачу — если рассматривать ее решение как единый акт, не вникая в механизм его осуществления,— можно считать квазирутмнной для этого журналиста. Правда, может возникнуть вопрос: где здесь кваэиалгоритм решения задачи, которым владеет Ьфналист? По меньшей мере, один такой квазиалгоритм указать можно. Он предусматривает выполнение одной операции, которая совпадает с упомянутым выше актам и в ситуации данного типа обеспечивает (с вероятностью, достаточно близкой к единице) подготовку требуемого материала[1].

Приведенный пример иллюстрирует важную особенность заданной структуры деятельности. В дополнение к той очевидной закономерности, что нерутинная задача может включать в себя квазирушнные подзадачи, существуют также и нерутинные подзадачи квазирутинных задач. Такие подзадачи, скорее всего, пришлось решать нашему журналисту, чтобы оправдать оказанное ему доверие.

При этом надо, однако, учесть следующее. Задача перед журналистом поставлена таким образом, что он обладает большой свободой в ее дальнейшем уточнении и выборе способа ее решения. В каждом из уточненных вариантов задача может быть для него нерутинной, так что он вполне может не добиться удачи. Почувствовав это, он переходит к другому, затем, возможно, к третьему варианту — и в результате практически всегда задание оказывается выполненным.

Итак, нерутинность задачи сама по себе не является ни достаточным, ни необходимым условием для того, чтобы задачу можно было считать твор-

[1] Следует уточнить, что мы применяем общее понятие операции (см. § 1.4) в отличие, например, от одноименного понятия, используемого в концепции А. Н. Леонтьева. Исследователь вправе выделять в деятельности субъекта и мелкие и крупные операции. Он должен только, если речь идет об операциях, предусматриваемых квазиалгоритмом, быть уверен в высокой вероятности их успешного выполнения субъектом.

чеокой. Несомненно, рассматриваемые свойства задав взаимосвязаны, но связь эта не столь проста, как представлялось поначалу.

•По всей видимости, нельзя с уверенностью судить о том, носит ли решаемая субъектом задача твоя чеюкий характер, абстрагируясь от особенностей:] п©знавательных процессов, которые должны быть! осуществлены для ее решения. Учитывая это, мы! сочли необходимым отереться на материалы прове-j денного в настоящей главе анализа познавательных] задач. Мы имеем в виду очевидную связь творчества} с использованием пути «в» решения познавательных! задач (генерирования недостающей информации, ом.| § 4.2) и с благоприятствующим такому использовал нию открытым характером решаемой задачи (см| §4.4).

Учитывая сказанное, попытаемся дать в пашей системе понятий определение *творческой задания* При этом будем стремиться к тому, чтобы оно в мак-1 симально возможной степени соответствовало интуи-1 тивнаму представлению о таких задачах как предпо-1 лагающих получение — способом, новым для решаю-1 щего задачу субъекта,— некоторого (окончательного! или промежуточного) результата, также являющего-! ся, — по крайней мере, для этого субъекта — принци-! пиально новым.

Мы называем отнесенную задачу MQ *творческой,* если'выполняется хотя бы одно из следующих уело! вий: а) *MQ* является нерутинной открытой познавал тельной задачей; б) необходимым условием разреши-! мости задачи MQ служит то, что ее подзадачей явля-1 ется некоторая нерутинная открытая познавательная! задача[1] JVQ. В качестве упомянутой подзадачи *NQ* часто выступает задача нахождения способа реше-1 ния задачи MQ.

ВОе отнесенные задачи, не являющиеся творчески! ми; 'будем называть *нетворческими.*

Рассмотрим в качестве примера задачу, где требуется «пИ речислить все возможные виды использования обычного кирли-1 ча» [57; с. 443]. Эта задача является открытой нерутинной п<Я знавательной задачей, а следовательно, и творческой задачей практически для любого человека[1]. В самом деле, врряд ли ктси

[1] О рассматриваемой и подобных задачах говорят, что онц требуют «дивергентного продуцирования», или «дивергентног

либо обладает то ли прямой информацией обо всех элементах множества, включающего в себя множество всех возможных видов использования кирпича, так что задача является для такого человека закрытой, то ли квазиалгоритмом решения этой задачи (об алгоритме нет и речи), так что задача является для него квазирутинной.

Вернемся к 'Приведенному выше определению творческой задачи и специально обратим внимание на то, что, для того чтобы задачу *MQ* можно было считать творческой, достаточно выполнения хотя бы одного из условий «а» и «б». Если условие «б» соблюдается, то условие «а» может и не выполняться. Задача MQ может, в частности, быть квазирутинной (вспомним рассмотренный выше пример с журналистом). Она также может быть закрытой, как, например, задача, сформулированная в виде вопроса: «Справедлива ли континуум-гипотеза?» Над нею, .как известно, несколько десятилетий бились лучшие математики мира, пока наконец не была доказана ее неразрешимость.

Существенно, что на вопрос о том, является ли задача творческой (так же, как и о том, например, является ли она нерутинной), нельзя отвечать, абстрагируясь от характеристик решателя. Задача, являющаяся творческой для школьника, сплошь и рядом не является таковой для учителя. Задача, являющаяся творческой для конкретного ученого, очень часто уже давно не является таковой для человечества.

Обеспечивая условия, при которых некоторая нерутинная познавательная задача MQ (ИЛИ задача нахождения способа решения задачи MQ, выступающая в качестве ее подзадачи) будет обязательно или с высокой вероятностью открытой, мы тем самым повышаем вероятность того, что задача MQ окажется творческой. К числу таких условий относится (см. § 4.4) обеспечение, по крайней мере, для одного из предметов, искомых в задаче MQ (ИЛИ В задаче на-

мышления» [57]. Такие задачи используются в получивших распространение на Западе так называемых тестах творческих способностей (creativity tests). Однако, хотя сами по себе.эти задачи и следует относить к творческим, отнюдь не дЬКа'эа^а Целесообразность их использования- для прогнозИрованй.я"Туйй1Ьт- •ности решения сложных творческих задач [249]. .ТЗДДОБИ хождения способа ее решения), возможно больше числа достижимых приемлемых результатов решения.

Не случайно академик П. Л. Капица обычно строил свои задачи, рассчитанные на выявление и развитие творческих способностей студентов, «так, чтобы подходов к их решению было несколько, с тем чтобы и в выборе решения могла проявиться индивидуальность студента» [98, с. 143]. У. Рей, «тренируя испытуемых на задачах, требующих только одного решения, и на задачах, допускающих несколько вариантов решения, нашел, что тренировка на задачах с одним решением отрицательно сказывается на оригинальности мышления» (цит. по: [249, с. 349]).

Приведем здесь и слова А. Эйнштейна, не потерявшие поныне своей актуальности: «В сущности, почти чудо, что современные методы обучения еще не совсем удушили святую любознательность, ибо это нежное растеньице требует наряду с поощрением прежде всего свободы — без нее оно неизбежно погибает» [242, с. 138].

Говоря о месте творческих и нетворческих задач в деятельности субъекта, следует учитывать доопределение им предлагаемых извне задач (см. § 3.4). Внешняя задача может не быть творческой, но построенная на ее основе внутренняя может тем не менее оказаться таковой благодаря наложению решающим ее субъектом дополнительных условий, которым должен удовлетворять результат или процесс решения. Ситуации такого типа возникают, в частности, в тех случаях, когда субъект, склонный к творчеству, должен выполнять отнюдь не творческие трудовые задания. Нередко он находит возможность придать своей работе творческий характер (т. е., в нашей терминологии, сделать творческими внутренние задачи). Это явление представляет интерес в социальном плане в двух отношениях. Во-первых, при рациональной организации труда оно непосредственно ведет к повышению его эффективности и качества его продуктов, что наглядно проявляется в деятельности рабочих-новаторов. Во-вторых, оно способствует тому, чтобы, как писал К. Маркс, «труд был привлекательным трудом, чтобы он был самоосуществлением индивида, что ни в коем случае не означает, что этот труд будет всего лишь забавой, всего лишь развлечением...» [1, т. 46, ч. II, с. 110].

Проанализируем теперь некоторые рассмотренное нами ранее свойства задач с точки зрения того, способствуют ли они тому, чтобы эти задачи оказались творческими.

Обратимся прежде всего к такому свойству, как наличие доступа к внешней информации (о чем говорилось в конце § 4.1). Благоприятствует ли оно творческому характеру деятельности по решению задачи? Однозначно ответить на этот вопрос нельзя. С одной стороны, свободный доступ к внешним источникам информации нередко побуждает субъекта к попыткам отыскать там готовый ответ или нечто близкое к нему, а это может мешать выработке собственных идей, затруднять получение оригинального результата.

А теперь посмотрим на обсуждаемую проблему с другой стороны. С этой целью уточним проведенное только что рассуждение. Мы выдвинули альтернативу: использовать информацию (имеющуюся в готовом виде) или генерировать ее. Но существует и третий вариант: недостающую информацию можно просто вспомнить. В учебном процессе чаще всего реализуется именно он, и возможности для проявления и развития творческих возможностей обучаемых оказываются минимальными.

Разумеется, лучшие педагоги с этим не мирятся. Так, академик П. Л. Капица, разработав серию физических задач проблемного характера и предлагая их студентам на экзаменах, предоставлял «полную свободу в пользовании литературой... Для аспирантских экзаменов составлялись новые и более сложные задачи, но здесь разрешалось экзаменующемуся не только пользоваться литературой, но и консультацией» [98, с. 145]. В. М. Аганисьян [6] описывает организацию выполнения проверочных заданий с разрешением при этом пользоваться учебниками как один из компонентов системы мер, направленных на развитие творческого мышления студентов педагогических вузов.

Экзаменационные задачи, решаемые с доступом к внешней информации, лучше моделируют задачи научного исследования. Это объясняется не только там, что последние сами решаются при наличии такого Доступа (пусть на определенных этапах — ограниченного), но и тем, что его введение позволяет повысит уровень нерутинности задачи при сохранении прак ти'чеоки приемлемого уровня ее трудности . {см. гла- ву 5).

Использование задач, решаемых с доступом внешней информации, представляет интерес не толь ко для высшего образования. В Павлышской школ возглавлявшейся В. А. Сухомлинским, при повторе нии материала по гуманитарным предметам широк практиковалась постановка перед учащимися про блемных вопросов. Подготовившись дома к ответам на них, «ученики спорят с книгой в руках, доказы вают свои мысли ссылками на источники. При такой постановке вопросов отвечать с помощью книги зна чителы-ю труднее, чем без книги» [208, с. 249].

Председатель Госкомитета СССР по народном образованию Г. А. Ягодин высказался за переход и в вузе, и в средней школе — к системе таких эк заменов, «когда можно пользоваться всем, чем уго но, по нужно .показать, что ты можешь оперироват тем багажом знаний, который у тебя есть» (цит. по [160]).

Рассмотрим теперь соотношение творческого или нетворческого характера задачи со степенью ее чет кости. Многие задачи, решаемые в профессиональном творческой деятельности, являются поначалу не четкими и становятся квазичеткими в результате на коголения социального опыта их решения. «Напри мер,—тишет Х. Дрейфус,— у художника нет ника кого критерия, с помощью которого он мог бы опре делить, что является решением стоящей перед ним художественной задачи... Впоследствии его работа возможно, послужит основанием для определения стандартных требований, обеспечивающих- успех, но тем не менее сам успех первичен по отношению к канонам, вводимым позднее критиками» [79, с. 223].

Существуют, конечно, четкие творческие задачи. Они характерны, например, для деятельности мате матиков и шахматистов. Важно, однако, что, будучи четкими в своей исходной постановке, эти задачи предполагают решение многих нечетких подзадач. Отмечается, что существенные трудности в шахмат ной игре связаны с определением подцелей, с «постр роением конкретного образа того, что должно быть достигнуто» [253, с. 235].

При наличии у субъекта творческой направленности нечеткость предложенной ему внешней задачи способствует тому, чтобы построенная на ее основе внутренняя задача оказалась творческой. В этой связи обратимся вновь к задачам П. Л. Капицы. Их характерной чертой «является то, что они не имеют определенного законченного ответа, поскольку студент может по мере своих склонностей и способностей неограниченно углубиться в изучение поставленного вопроса» [98, с. 144]. Приведем в качестве примера формулировку одной из таких задач.

«Перечислите факторы, которые сказываются на точности хода карманных часов. Оцените относительные значения этих факторов» [там же, с. 146].

Вместе с тем явно нетворческая — четкая или квазичеткая — внешняя задача часто служит основой, на которой субъект строит творческую внутреннюю задачу, причем последняя может быть нечеткой и может вообще не формулироваться. Такого рода явления характерны для деятельности в области искусства. Например, для музыканта-исполнителя, в должной мере владеющего техникой игры на каком-либо инструменте, нотный текст можно рассматривать как запись квазиалгоритма. Но задача реализации этого квааиалгоритма представляет собой лишь основу, на которой должна строиться решаемая исполнителем творческая задача.

Наконец, последнее замечание. Известно, что важнейшую роль в творческой деятельности играют процессы постановки задач. Никоим образом не ставя под сомнение этот тезис, подчеркнем, что не всякая «задача постановки задачи» является творческой, а только такая, которая удовлетворяет сформулированным выше общим требованиям к творческим задачам. Напомним в этой связи, что методы решения задач «путем выработки и последующего решения подзадач» [158, с. 16] широко используются и в системах искусственного интеллекта. Разумеется, реализация такого рода методов — будь то машиной или человеком —'Сама по себе творчеством вовсе не является.

Глава 5

Оценка трудности и сложности задач

> Все дело в том, чтобы не довольствоваться тем уменьем, которое выработал в нас прежний наш опыт, а идти *непременно дальше,* добиваться *непременно большего,* переходить непременно от более легких задач к более трудным.
>
> *В. И. Ленин* [2, с. 196]

В главах 3 и 4 мы рассмотрели ряд понятий, обеспечивающих качественную характеристику задач, т. е. их отнесение к тем или иным типам. Обратимся теперь к понятиям, которые открывают возможность для количественной оценки задач и позволяют дополнить дискретный подход к описанию их свойств непрерывным.

Основными из понятий этого рода являются уровни трудности и сложности задач. В обиходной речи, а нередко и в научной литературе термины «трудность» и «сложность» используются при описании задач почти как синонимы. Между тем целесообразно разграничивать области их употребления[1]. Более того, каждое из этих понятий нуждается в дальнейшей дифференциации.

Проводя ее, мы будем пользоваться, помимо прочего, понятиями *субъективности* и *объективности.* Заметим в связи с этим, что термин «субъективный» (зависящий от субъекта) употребляется в разных смыслах. Необходимо различать субъективность в онтологическом смысле (зависимость от субъекта как элемента бытия) и в гносеологическом смысле (зависимость от познающего субъекта, от осуществляемого им процесса познания). Сопоставим, к примеру, высказывания «Особенности обучающих и обучаемых выступают как субъективные факторы эффективности обучения» и «При оценивании знания учащихся учителями могут оказываться их субъективные предпочтения». В первом высказывании термин «субъективный» употреблен в онтологическом

[1] Такое разграничение проводится в работах [106; 122; 1… и др.]. Обзор высказываний разных авторов о понятиях трудности и сложности задач см. у А. М. Сохора [206] и С. М. Бондаренко [36].

смысле, а во втором — в гносеологическом. Соответствующим образом имеет смысл различать и два вида объективности (независимости от субъекта).

Прежде чем перейти к изложению конкретного материала, подчеркнем, что разработка методов оценки количественных характеристик задач имеет важное практическое значение в плане совершенствования процесса обучения. Справедливо отмечается, что «умение классифицировать задачи по сложности — важная составная часть общего умения учителя составлять системы задач для учащихся» [205, с. 61]. В особенности возрастает важность оценивания количественных характеристик задач в условиях компьютеризации обучения.

§ 5.1. Уровень трудности задачи. Уровень нерутинности задачи

В качестве одного из существенных признаков задачи, проблемы, проблемной ситуации психологи называют обычно необходимость преодоления субъектом тех или иных трудностей (затруднений). При этом важную роль играет их качественный анализ.

Мы, однако, ограничимся рассмотрением количественного аспекта трудности задач, или, иначе говоря, уровня их трудности[1]. Но для этого потребуется предварительно ввести понятие *ресурсов* решателя. Будем относить к ним находящиеся в его распоряжении средства решения задач (см. § 2.2), а также время, в течение которого эти средства могут функционировать. Существенное свойство ресурсов состоит в том, что в ходе функционирования решателя они расходуются, т. е. переходят в такое состояние, когда не могут быть вновь использованы (по крайней мере, в течение некоторого времени или без специальных операций по их восстановлению).

Задача *MQ,* отнесенная к решателю *Q,* обладающему некоторыми (ограниченными) ресурсами, может быть охарактеризована *уровнем трудности* этой задачи, т. е. мерой фактического или предполагаемо-

[1] Ниже, пользуясь иногда из стилистических соображений простым термином «трудность», мы будем иметь в виду именно уровень трудности задачи.

го (.прогнозируемого) расходования ресурсов решателя Q на ее решение.

Уточним, что «решение задачи» понимается нами в соответствии с определением, данным в § 2.2, т. е. имеется в виду успешное решение-—приведение* предмета задачи в требуемое состояние. Если ресурсы решателя Q недостаточны (в качественном илЛ количественном отношении) для решения задачи *M§м* то последняя не может быть решена (этим решателем). Об уровне трудности задачи MQ В таком слу! чае можно говорить лишь условно (считая его бес-J конечным). Если решение задачи достигается лишь Я некоторой вероятностью, меньшей единицы, то уро-« вень ее трудности естественно считать большим, чем! следует из оценки реально расходуемых ресурсов.

Уровнем трудности, как он определен выше, моля но в принципе характеризовать и задачи, отнесенные! к искусственным решателям, например компьютерам- (сошлемся здесь на описание количественных характеристик задач в книгах [60; 76]). Вместе с тем для! неотнесенных задач (как правило, также и для задач, отнесенных к идеализированным решателям)! понятие трудности лишено смысла.

Уровень трудности отнесенной задачи *MQ* зависим от характеристик как неотиесенной задачи *M,* так и решателя Q. Как явствует из приведенного выше оiределения уровня трудности, это понятие непосредственно относится не к задаче как таковой, а к процессу (реальному или предполагаемому) ее решения[1]. Если некоторая задача может быть решен;i различными способами, то уровень ее трудности мо-| жет существенно зависеть от того, каким имение, способом она решается.

Имеет смысл различать *интегральную трудность*^ (трудоемкость) задачи, характеризующую объем рас! ходования ресурсов (ер. физическое понятие рабо-1 ты), и *дифференциальную трудность,* характеризующую интенсивность расходования. При этом можно, выделять мгновенные значения последней и значение, усредненное на отрезке времени, в течение кото-] рого решается задача (ср. физические понятия мгновенного значения мощности и средней мощности).

[1] Ю. М. Колягин пользуется термином «трудность процесс* решения задачи» [106, ч. I, с. 74].

Для количественной оценки трудности решаемых людьми задач используют различные показатели — субъективные и объективные (в гносеологическом смысле).

Субъективные показатели можно разделить на две группы. Показатели .первой группы отражают мнения или впечатления самих субъектов, решающих задачи, об их трудности, о вызванном ими утомлении .[90], а показатели второй группы—-мнения экспертов (учителей и методистов в случае учебных задач, руководителей работ в случае трудовых задач и т. Д-)- Субъективные показатели обеих групп используются, в частности, для характеристики трудности текстов, в том числе учебных [147; 206].

На две группы делятся и *объективные показатели.* К первой относятся те из них, которые характеризуют расходование ресурсов субъектом. Сюда, в частности, входят: а) физиологические показатели, например изменения частоты пульса, частоты дыхания, артериального давления; б) продолжительность процесса решения *; в) дискретные поведенческие показатели, характеризующие объем расходования ресурсов (объем затраченного труда), такие, например, как количество предпринятых субъектом попыток решения задачи.

Показатели подгрупп «б» и «в» являются показателями интегральной трудности, однако сами по себе не всегда адекватно характеризуют ее {например, при малой вероятности достижения решения задачи). В таких случаях приходится учитывать также объективные показатели второй группы: они характеризуют степень успешности процесса решения задачи или качество достигаемого результата. В дальнейшем будем коротко называть их *показателями успешности.* Таковы, в частности, вероятность того, что субъект решит задачу, количество допускаемых им ошибок, количество обращений за помощью, количество подсказок, которые пришлось дать ему, чтобы задача оказалась решенной, и т. д. (Если считать, что успешность улучшается с увеличением каждого показателя успешности, то последние три показателя Должны быть взяты с обратным знаком.)

[1] Дидактическая значимость фактора времени анализируется в работах [12; 91].

В ряде экспериментальных исследований быщ I установлены корреляции между показателями труд ности, относящимися к разным группам. Например по данным А. М. Сохора [206], варианты изложения учебного материала оказались одинаковым образом проранжировэнными по доступности на основе как экспертных оценок учителей и других специалистов так и индивидуальных экспериментов по проверке усвоения учащимися этого материала.

Заметим при этом, что использование для оценки трудности задач впечатлений тех, кто их решает, требует учета мотиванионных характеристик деятельности этих лиц. Так, некоторые учебные тексты по иностранному языку, «которые по всем параметрам оказались самыми трудными, относились по субъективным оценкам учащихся к легким (например, текст о спорте...)» [183, с. 69].

В ряде случаев уровень трудности задачи характеризуется каким-либо одним показателем. В частности, о трудности включаемых в тесты заданий дЯ некоторого контингента испытуемых судят обычно, исходя из вероятности их правильного выполнения (которую, в свою очередь, оценивают по проценту испытуемых, правильно выполнивших задание) [1].

Как следует из сказанного выше, в принципе более адекватной является оценка интегральной трудности задачи совокупностью двух или большего числ ла показателей. Так, для оценки процесса формирования навыка (который может быть интерпретирован как процесс существенного снижения трудности за дач некоторого класса) следует, согласно К- М. ШолО'Мию [238], использовать два критерия: количество ошибок и время выполнения заданий.

Вместо того чтобы оценивать уровень интеграл™ ной трудности задачи совокупностью двух (или большего числа) показателей, можно представить его каЯ их функцию, например, возрастающую при увеличении продолжительности решения или иного показателя, характеризующего объем затраченного труда, и. убывающую при увеличении показателя, характеризующего успешность процесса решения. Такой поя

[1] Представляет интерес оценка по этому принципу относительной трудности каждой задачи, включенной в состав тестового комплекса [58].

ход был применен для оценки трудности предлагаемых для усвоения фрагментов учебного .материала (в про,граммированном обучении — «шагов» или «доз») [18;200].

Подход, этот, однако, накладывает лишь весьма общие ограничения на .вид функции, используемой в качестве меры трудности задачи. Значительно 'бóльшая определенность в установлении такой меры достигается при использовании следующего метода: интегральная трудность ф задачи *MQ* определяется объемом ресурсов, которые должен израсходовать субъект для достижения зафиксированного (эталонного) значения показателя успешности *у*. Так, например, в экспериментах по формированию двигательных навыков в качестве меры трудности задачи используется «число упражнений, необходимых испытуемому для достижения критерия» [130, с. 162] [1].

В тех случаях, когда значение показателя успешности *у,* которое удобно считать эталонным (обозначим это значение символом $y_э$), практически не достигается, величина трудности tp часто может быть найдена путем экстраполяции зависимостей, установленных экспериментально в диапазоне значений показателя *у,* не включающем $y_э$. В этих случаях величина ф, имея размерность показателя объема расходуемых ресурсов, тем не менее не представляет никакого реального отрезка времени (или количества предъявлений и т. п.), зафиксированного в эксперименте. Экстраполяция описанного типа оказалась полезна, в частности, в экспериментальном исследовании влияния «размера шага» на эффективность программированного обучения [17].

Чтобы повысить адекватность оценивания трудт ности задач, обращаются к методам математической статистики. Так, Я. А. Микк [147], измерив значения 31 показателя трудности задачи понимания текста и проведя факторный анализ, выделил фактор, который он интерпретировал как «суммарную трудность текста». На основе результатов анализа получен ряд формул, связывающих этот фактор с отдельными показателями трудности, доступными непосредственному измерению.

[1] Аналогичный подход к оценке доступности учебного материала предлагает И. И. Беспалько [26].

Отметим теперь, что рассмотренные выше понятия интегральной и дифференциальной трудности при всей их полезности охватывают не все даже количественные аспекты того содержания, которое вкладывается в традиционное, интуитивное понятие трудности задачи. Еще один такой аспект представляется возможным учесть с помощью понятия об *уровне* проблемности, или, точнее, *нерутинности* задачи. Так мы называем характеристику, показывающую, в какой мере решатель, для того чтобы обеспечить решение этой задачи, должен выйти за пределы находящихся в его распоряжении алгоритмов и квазиалгоритмов решения задач.

Рассмотрим простой пример. На одной из математических олимпиад [103] участвовавшим в ней школьникам была предложена такая задача: найти сумму всех трехзначных чисел, все цифры которых нечетны. Часть участников олимпиады пошла по наиболее простому, естественному пути: составляется полный список чисел, удовлетворяющих поставленному условию, и вычисляется их сумма. Интересно, однако, что ни один из школьников, выбравших этот путь, не успел в отведенное время довести до конца процесс решения и получить ответ. Другие участники олимпиады пошли по пути отыскания формулы, которая позволяет получить ответ без того, чтобы выписывать и складывать все подходящие числа. Многие из этих школьников успешно решили задачу.

Возникает вопрос; при каком способе решения задачи ее следует признать более трудной для учащихся? Очевидно, это зависит от того, что понимать под трудностью. Если пользоваться нашей системой понятий, то следует констатировать, что интегральная трудность рассматриваемой задачи при первом способе решения выше, чем при втором, однако уровень ее нерутинности при первом способе решения близок к нулю.

§ 5.2. Уровень сложности задачи

В отличие от трудности, представляющей собой специфическую характеристику задач, сложность — это характеристика, применимая к любой системе. Общее понятие об уровне сложности системы (см. §1.1) может касаться, в частности, таких систем, как предмет задачи, задачная система или формулировка задачи. Мы, однако, говоря об *уровне сложности*[1] задачи, имеем в виду сложность не какой-либо из этих систем, а реального или предполагаемого процесса решения задачи. Такая трактовка, на наш взгляд, в наибольшей степени соответствует интуитивному представлению о сложности задачи. К тому же при указанной трактовке уровня сложности задачи достигается полный параллелизм с понятием об уровне ее трудности, которое, как указывалось в § 5.1, характеризует реальный или предполагаемый процесс решения задачи. Трактуемое описанным образом понятие об уровне сложности задачи так же, как и понятие об уровне ее трудности, имеет смысл только для отнесенных задач. При этом, однако, в отличие от понятия об уровне трудности понятие об уровне сложности применимо и к задачам, отнесенным к идеализированным решателям, ресурсы которых можно считать бесконечными.

[1] Из стилистических соображений мы будем иногда опускать слово «уровень».

Понимая сложность задач как сложность процессов их решения, можно рассматривать, с одной стороны, реальные или возможные процессы решения задач разными решателями и, с другой стороны, процессы их решения нормативными способами. В соответствии с этим имеет смысл различать два вида сложности задач: *реальную,* т. е. сложность реального или возможного процесса решения задачи[1], и *нормативную,* т. е. сложность процесса ее решения нормативным способом.

Если существует несколько нормативных способов решения некоторой задачи *MQ,* то ее можно охарактеризовать несколькими значениями нормативной сложности. Например, одна и та же математическая задача может обладать для одного и того же решателя разной сложностью в зависимости от того, как ее решать — арифметическим или алгебраическим способом.

Реальная сложность задачи, как правило, выше или равна нормативной, но иногда бывает и ниже, т. е. фактический процесс решения оказывается проще нормативного (например, задуманного учителем, если рассматривается решение задач учащимися). В таких случаях говорят иногда о «красивом (изящном) решении».

[1] Таким образом, термин «реальная сложность» носит не только условный характер: он относится и к сложности возможного процесса решения задачи, в том числе такого, который соответствует какой-либо гипотезе, выдвинутой исследователем.

Обычно, если уж различают понятия о трудности и сложности задач, то трактуют «сложность задачу как объективную категорию и трудность как субъективную категорию» [122, с. 86]. Мы процитировали И. Я. Лернера, поясняющего, что «трудность *хш* растеризует возможность субъекта преодолеть объективную сложность задачи...». С нашей точки зрения, такая трактовка правомерна в качестве первого приближения к раскрытию существа дела. Более детальный анализ показывает, однако, что и трудность, и сложность задач (отнесенных к людям, которые решают или должны решать их) зависят как от объективных, так и от субъективных (в онтологическом смысле) факторов. К объективным принадлежит: лежащий вне субъекта предмет задачи или (для познавательных задач) объект познания; требование задачи, находящееся вне субъекта (в случае, если рассматривается трудность или сложность внутренней задачи,— требование внешней задачи, являющейся ИСТОЧНИКОМ возникновения рассматриваемой внутренней) ; наконец, условия, в которых осуществляется или должно осуществляться решение задачи. К субъективным факторам относятся способности и подготовка субъекта, его .мотивы и установки, его отношение к задаче, его физическое и психическое состояние[1].

Разумеется, соотношение объективных и субъективных факторов для трудности задач и разных вЯ дов их сложности различно. Трудность задачи — это наиболее субъективная (в онтологическом смысле) характеристика. Она, конечно, зависит и от объективных факторов, но эта зависимость полност^Н опосредуется характеристиками субъекта. Очевидно также большое влияние субъективных факторов Я реальную сложность задачи. Нормативная сложность задачи в большей мере носит объективный характер. Она, как правило, не зависит от особенностей <Я дельных субъектов (учащихся, испытуемых), но МВ жет существенно зависеть от контингента субъектов. Это связано с тем, что, во-первых, для разных контингентов часто планируются различные нормативные способы решения одной и той же задачи, и, ^Н

[1] Объективные и субъективные факторы, от которых зависит трудность учебных задач, рассмотрены в работах [36; 137; 226].

вторых, для них могут быть весьма различны наборы! элементов (в частности, операторов и операндов), ^опользуемых в процессе решения, так что процессы решения, весьма сходные с точки зрения внешнего наблюдателя, могут обладать для разных контингентов разной сложностью. Как отмечал Л. С. Выготский, «не может быть никаких сомнений в том, что запомнить один и тот же материал мыслящему в понятиях и мыслящему в комплексах — две совершенно разные задачи, хотя и сходные 'между собой... В одном и в другом случае смысловая структура материала различна» [50, с. 394].

Заметим, что выделение элементов (компонентов) в любом объекте, т. е. представление этого объекта в виде системы, всегда зависит в той или иной степени от субъектов, работающих с этим объектом, а потому в сложности любого объекта всегда присутствует наряду с объективным субъективный аспект [29]. Это справедливо, в частности, для таких объектов, как способы решения задач, отнесенных к идеализированным решателям, а также для различных объектов (лингвистические, математические и пр.), из которых строятся предметы задач. Субъективный аспект во всех этих случаях проявляется, однако, еще в меньшей степени, чем в нормативной сложности задач, отнесенных к людям. К тому же, этот аспект связан здесь с характеристиками уже не субъекта, решающего задачу, а исследователя.

§ 5.3. Алгоритмический подход к оценке сложности задач

Наиболее четко содержание 'Понятий о реальной и нормативной сложности задач выявляется при *алгоритмическом подходе к* оценке сложности. В соответствии с ним реальную сложность задачи оценивают по количеству эффективных или квазиэффективных операций в реально осуществляемом (или таком, который, возможно, осуществляется) алгоритмическом или квазиалгоритмическом процессе решения этой задачи, а нормативную сложность задачи — по Количеству таких операций в нормативном алгоритмическом или квазиалгоритмическом способе ее решения.

Следует учитывать при этом, что невозможность указания алгоритмического или квазиалгоратмачь. оюого способа решения задачи, являющегося нор^ ТИВНЫМ, т. е. таким, согласно которому должна р* шаться задача, вовсе не исключает возможности описания фактически реализованного алгоритмического или (йвазиалго'ритм.ического способа ее решения (так как в последнем случае достаточно перечисления наблюдавшихся операций и не требуется указания условий, при которых должны осуществляться те или иные операции). Поэтому в ряде случаев реальная сложность задачи известна, а нормативная — неизвестна.

Нормативный алгоритмический или квазиалгоритмический способ решения предназначается, как правило, для некоторого класса задач (см. § 3.2). В зависимости от особенностей конкретной индивидуальной задачи минимальное количество эффективных ил'И квазиэффективных операций, необходимых для решения задачи в соответствии с этим способом, ^Ш ж>ет быть различно. Ввиду этого представляет интерес *средняя нормативная сложность* задач того идя иного (класса. Если учитывается *k* индивидуальных задач, относящихся к данному классу, то такая средняя сложность хер .может быть подсчитана [221] по формуле

i = 1

где ^ — нормативная сложность *1-й* индивидуальной задачи; Л — вероятность того, что будет решаться именно эта задача (этот вариант родовой задачи).

Величину хер можно считать мерой нормативной сложности родовой задачи, соответствующей описываемому классу индивидуальных задач. Другим Л казателем этой сложности является длина самого аЯ горитма (или квазиалгоритма), в соответствии с Я торыгм решается задача, т. е. количество операций, явным образо'м указанных в этом алгоритме (и Н квазиалгоритме) (см. [47]).

Приведем примеры использования алгоритмического подхода для оценки нормативной и реальной сложности задач.

Первый пример относится к геометрическим задачам на построение, решаемым с помощью циркуля И линейки. Принято выделять четыре вида элементар*

ф% операций, используемых при решении таких задач[1]: 1) прикладывание линейки к данной точке; б) помещение ножки циркуля в данной точке; 3) проведение прямой и 4) описание окружности *К* Число операций всех этих видов, которые осуществляются при решении данной задачи, служит мерой ее сложности [234]. Так, например, для задачи проведения прямой через две точки эта мера равна 3 (линейка прокладывается к двум точкам и .проводится одна прямая).

Описанным методом может быть измерена как нормативная, так и реальная сложность задач на построение (с тем существенным уточнением, что она оценивается с точки зрения математики, а не психологии: сложность процесса нахождения способа решения никак не учитывается). За нормативную принимается минимально возможная сложность, устанавливаемая в соответствии с теорией геометрических построений.

Во втором примере оценивается .реальная сложность решаемой человеком мыслительной задачи. Этот пример взят из работы О. К- Тихомирова и В. А. Терехова [215], регистрировавших осязательную активность слепых шахматистов. Один из показателей, который был использован исследователями,— общее число фиксаций полей шахматной доски («вызовов информации») перед принятием окончательного решения о выборе хода. Этот показатель характеризует реальную сложность задачи нахождения хода. Оценить описанным методом ее нормативную сложность, разумеется, невозможно.

В ряде случаев оказывается полезна относительная алгоритмическая мера реальной сложности задач. Такой мерой является, например, предложенный А. Т. Роговым [187] показатель «развернутости выполненного действия», представляющий собой отношение количества «элементарных операций» в реально выполняемом действии к их количеству в том же Действии, если оно «максимально развернуто».

Отмечая широкую сферу применимости ал-

[1] Для идеализированного решателя, обладающего «абстрактным циркулем» и «абстрактной линейкой» (см. § 3.2), эти операции являются эффективными, а для человека, владеющего техникой черчения, — квазиэффективными.

горитмичеокого подхода к оценке сложности зад ач, следует обратить внимание и на те затруднения и ограничения, с которыми сопряжено его использование.

Вонпервых, для очень многих задач, особенно, творческих, не удается описать даже фактически реализуемых алгоритмических или квазиалгоритмических способов их решения.

Во-вторых, выделение операций, из которых строятся такие способы, часто связано со значительными затруднениями. Адекватность набора операций, предлагаемого для использования в целях оценки сложности задач на основе алгоритмического подхода, требует экспериментальной проверки: необходимо убедиться в том, что эти операции действительно квазиэффективны для соответствующего контингента субъектов.

В-третьих, отдельные виды операций, выделенные в качестве квазиэффективных, могут существенно различаться между собой по трудности. В этом слН чае оценка сложности задачи по количеству таких операций в способе ее решения оказывается неадекватной. Н. М. Розенберг приводит в этой связи такой пример: «Алгоритм поиска неисправности в телевизоре, состоящий, скажем, из 10 операций, нередко оказывается рациональнее алгоритма из 5—7 шагов если в последнем случае используется более сложная измерительная аппаратура, менее доступны точки контроля и в конечном итоге требуется большая величина среднего времени поиска» [188, с. 98—99]. Отдельные операции могут значительно отличаться друг от друга не только в количественном, но и в кЯ чественном отношении (например, при решении мЯ гих математических задач —операции то нахождению способа решения и вычислительные операции).

Наконец, нельзя забывать, что процесс решения задачи —это не простая последовательность операций, а их система. При оценке сложности только «И количеству операций существенные особенности этД системы могут остаться неучтенными.

Кратко рассмотрим некоторые пути преодоления (или обхода) указанных трудностей.

Для уменьшения отрицательного влияния разлИ чий между видами операций на адекватность *алго*ритмической меры сложности можно воспользоватьа

ся приемом, в соответствии с которым каждому виду операций приписывается так называемый *«коэффициент сложности»* [221], пропорциональный среднему времени выполнения операции этого вида. При этом сложность задачи оценивается как сумма коэффициентов сложности последовательно выполняемых операций.

Подобный подход нашел применение для оценки сложности вычислительных задач. Как установили Н. М. Кандарацкова и Г. В- Суходольский [97], процесс выполнения людьми арифметических действий можно представить как последовательность элементарных (квазиэффектпвных, в пашей терминологии) вычислительных операций. В качестве таковых авторы выделили операции сложения, вычитания, умножения и деления в пределах одного десятичного разряда; перехода из младшего в старший разряд (при сложении) и из старшего в младший (при вычитании); выбора цифр частного (при делении). При этом операции перехода из разряда в разряд и выбора цифр частного имеют ту особенность, что при письменных вычислениях не заканчиваются записью результата. Средняя вероятность безотказного выполнения элементарной операции составила 0,988. Были определены статистические оценки затрат времени на элементарные операции. Оказалось, что эти затраты «определяются не спецификой действия, а количеством элементарных вычислительных операций. Затраты времени на одну такую вычислительную операцию без записи цифры результата составляют в среднем 0,8 *сек,* а с записью цифры—1,1 сек...» [там же, с. 55]. Ясно, что эти значения могут быть использованы в качестве упомянутых выше коэффициентов сложности.

Возможности алгоритмического подхода к оценке сложности задач могут быть расширены также путем использования иных характеристик алгоритмических (или квазиалгоритмических) способов решения задач, помимо числа операций. Подобные характеристики могут часто более адекватно отразить существенные черты способа решения, рассматриваемого в качестве системы. Мы имеем в виду, прежде всего, характеристики графов, изображающих способы решения.

Так, В. Н. Пушкин [182] провел сравнительный анализ решения задач игры «5» здоровыми людьми и больными с локальными поражениями коры головного мозга. Обнаружилась большая разница между ними по количеству циклов, т. е. замкнутых контуров в графах процессов решения задач (вершинами графов служили ситуации игры «5», а дугами — ходы этой игры).

Приведем пример использования графов иного рода. Мы имеем в виду так называемые структурные формулы учебного материала и учебных задач, разработанные А. М. Сохором [206]. Они представляют собой графы, вершинами которых служат «логические элементы» рассуждений, необходимых для усвоения материала или для решения представленной в явном виде учебной задачи, а дугами — операции перехода от одного такого элемента к другому.

С нашей точки зрения, структурные формулы А. М. Сохора — это графы нормативных (а не реальных, как в исследовании В. Н. Пушкина) процессов решения задач, требования которых состоят то ли щ усвоении учащимся некоторого учебного материала, то ли в нахождении им значения некоторой неиз! ве.стной величины. По данным А. М. Сохора, доступ-* ность учебного материала оказалась тем меньше Я трудность задач тем больше, чем больше были число? замкнутых контуров в графе и среднее число дуг, связывающих его вершины.

Следует, правда, учесть, что операции перехода от одного «логического элемента» к другому, соответствующие дугам .графов Сохора, не являются, вообще говоря, .квазиэффективными. Поэтому описанный способ, оценки сложности учебного материа-: ла и учебных задач выходит за рамки алгоритмического подхода. Можно сказать, что этот способ оЯ ватывается *операционным подходом,* представляю^ щим собой обобщение алгоритмического.

Такой подход был применен также И. Г. Пудаловым [181], стремившимся измерить «дидактический объем учебного материала». Здесь на основе пш строения графов подлежащего усвоению материала подсчитывала^ «мера учебного материала», пропорФ циональная количеству входящих в него «учебны^ элементов», причем коэффициент пропорционально-, сти определялся требуемым уровнем усвоения задан-* ного содержания {по В. П. Беспалько [25]). С учт том найденного ранее времени, затрачиваемого и! единицу рассматриваемого объема, «теоретически вычислялось время на овладение заданным учебныш материалом... Полученное теоретически время срав! нивалось с фактически затраченным временем нЯ обучение по найденной граф-стратегии» [181, с. 17]| По данным И. Г. Пудалова, расхождение, получен!

ное при этом на различном математическом материале, не превышало 8—10%.

§ 5.4. Энтропийный подход к оценке сложности задач

Наряду с алгоритмическим весьма распространен *энтропийный* (статистико-информационцый) *подход* к оценке сложности задач. В соответствии с ним реальная сложность задачи оценивается по величине неопределенности, устраняемой в реальном (или возможном) успешном процессе решения задачи, а нормативная сложность — по величине неопределенности, которая должна устраняться, если решение задачи осуществляется в соответствии с некоторой нормой (в том числе замыслом экспериментатора, учителя и т. п.). Сложность задачи %, т. е. устраняемая неопределенность, трактуется при этом как некоторое количество информации (в смысле статистической теории информации К. Шеннона). Конкретнее говоря, принимается, что

где *Hi* и H_2 — значения энтропии некоторой случайной величины, характеризующей предмет задачи; значение *Hi* относится к исходному состоянию этого предмета, а значение H_2 — к требуемому.

В простейшем случае, когда устранение неопределенности, обеспечивающее решение задачи, достигается путем выбора одного из *n* несовместных событий, энтропия $\#_2$ равна нулю и

$$X = tfi = -\overset{n}{S}P,iog_2P,-$$

где *Pi* — вероятность i-ro события.

Поскольку энтропийный подход предусматривает оценку сложности задачи по величине устраняемой неопределенности, наиболее естественно применять его при исследовании познавательных задач. Напомним, что предметами последних являются модели, имеющиеся в решателе, и именно их должны характеризовать величины *Hi* и H_2. Если решателем является человек, то вероятности, фигурирующие в используемых формулах статистической теории информац»и,— это не объективные, а субъективные вероятности. При этом под *субъективной вероятностью* $P_S(A)$ некоторого события A для субъекта S понимается оценка этим субъектом объективной вероятности $P(A)$ указанного события, осуществляемая им осознанно или неосознанно и находящая проявление в его поведении.

Рассмотрим простой пример (он взят из книги [260]).

В урне находятся красные и зеленые шары, причем красные доставляют $^2/_3$, а зеленые — $^1/_3$ общего количества. Испытуемому предъявляют сигнал, вынимая из урны один шар; в зависимости от цвета шара испытуемый должен реагировать тем или иным образом. Перед предъявлением следующего сигнала шар возвращают в урну. Чему равна в данном случае энтропия, характеризующая среднюю сложность задачи реагирования на появление шара?

Подставив в приведенную выше формулу указанные значения объективных вероятностей, получаем:

$$H = -\frac{2}{3}\log_2\frac{2}{3} - \frac{1}{3}\log_2\frac{1}{3} = 0{,}92 \text{ } \textit{бит}.$$

Но эта величина характеризует сложность задачи только в том случае, если испытуемый научился, допустим, в результате долгого опыта вероятностям появления сигналов. Если же такое научение не имело места и испытуемому известно только, что в урне есть красные и зеленые шары, то появление красного шара и появление зеленого шара являются для него равновероятными событиями, так что адекватной оценкой средней сложности задачи реагирования на появление шара будет энтропия, равная

$$H = -\frac{1}{2}\log_2\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\log_2\frac{1}{2} = 1{,}00 \text{ } \textit{бит}.$$

В случае частичного научения рассматриваемая средняя сложность лежит в пределах от 0,92 до 1,00 *бит.*

При использовании энтропийного подхода наряду с оценкой первоначальной сложности задачи обычно выясняется и то, как уменьшается эта сложность по ходу решения. Таким образом, открывается возможность сопоставления различных стратегий решения задач на основе сравнения того, насколько в среднем уменьшается неопределенность (энтропия) ситуации в результате каждой операции, осуществляемой субъектом в соответствии с рассматриваемой стратегией.

В работах по инженерной психологии рассматривается так называемая информационная напряженность оператора [190], измеряемая количеством информаций (в смысле Шеннона), которое субъект (оператор) должен переработать или фактически перерабатывает за определенный промежуток времени (или за единицу времени), решая стоящую перед ним задачу. Таким образом, для информационной напряженности, как и для сложности задач, могут быть указаны нормативные и реальные значения.

Существуют различные мнения по вопросу о широте класса задач, для которых энтропийная мера сложности является адекватной. По всей видимости, она подходит, например, для оценки сложности восприятия таблиц, составленных из элементарных геометрических фигур (такую оценку проводит М. Я. Антоновский [10], изучая пути обеспечения наглядности в учебном процессе). С достаточной уверенностью можно говорить об адекватности энтропийной меры по отношению к задачам выбора из нескольких альтернатив (в частности, к задачам распознавания [188; 221]) или задачам, которые естественно сводятся к задачам выбора. Но что понимать под «естественной сводимостью»? Скажем, мыслительные задачи, которые можно описать с помощью лабиринтной модели, в принципе могут быть представлены как задачи выбора. Однако это представление, допустимое с математической точки зрения и реализуемое в ряде систем искусственного интеллекта, большей частью не соответствует закономерностям решения таких задач человеком [182].

Как отмечалось выше, применение энтропийной меры для оценки сложности познавательных задач требует учета субъективных вероятностей. Только при таком уточнении эта мера может быть использована для оценки сложности задач, связанных с восприятием и пониманием текстов[1]. Однако и в таком случае указанная мера характеризует сложность задач односторонне, отражая в основном лишь степень новизны для субъекта использованного в задаче материала.

[1] Это касается и мнемических задач. Как писал П. Б. Невельский, «преимущество так называемой смысловой памяти над механической часто объяснялось пониманием, которое выступало как конечная причина эффективности запоминания. Информационный подход к памяти позволяет увидеть здесь уменьшение неопределенности и количества информации в запоминаемом материале» [155, с. 170].

Учет субъективных вероятностей при оценке сло}И носки задач восприятия текста достигается с помощью .метода последовательного угадывания знаков. Согласно К- Вельтнеру [46], он позволяет получить, по крайней мере, верхнюю и нижнюю оценки указанной сложности (так называемой субъективной информации текста). К- Вельтнер установил зависимость «субъективной информации на букву» как от характеристик текстов, так и от характеристик субъектов, работающих с этими текстами. Было обш наружено, в частности, что «для групп пятого, седь-.-мого и восьмого годов обучения субъективная ини формация текстов снижается с каждым годом обучения...» [там же, с. 70]. Аналогичные результаты были получены в экспериментах Н. М. Розенберга [189], направленных на выяснение того, как школьники владеют роднш и родственным ему (вторым) языком и как улучшается это владение в обучении.

При теоретическом анализе и практическом пр.J| менении статистико-информационного подхода щ оценке сложности задач, связанных с восприятием, пониманием и запоминанием текстов, оказывается! весьма полезным понятие «сверхзнака» («суперзнака»), т. е. совокупности элементарных знаков, восприн^нимаемых субъектом как единое целое [46]. В роли «сверхзнаков» могут выступать слоги, слова и т. Я

Впрочем, аналогичные соображения должны учя тываться и при использовании операционного подхода. Р. X. Зарипов справедливо обращает вниманш! па то, что элементы, с которыми оперирует человек (в нашей терминологии — операнды квазиэффективных для субъекта операций), обычно значительно крупнее, чем простейшие элементы объекта его действий. В частности, жхледуя процесс сочинения меЭ лодии, следует рассматривать в качестве операнда! интонацию — «наименьшую часть мелодии, имеющукя выразительное значение», а отнюдь не отдельнукя ноту [88, с. 279].

§ 5.5. Соотношения между различными количественными характеристиками задач

Подводя итоги краткому обзору подходов к оценка трудности и сложности задач, обратим внимание Ящ следующее. Характеризуя разные меры сложности,'

jtfbi, как й авторы, которых мы цитировали, говорили о большей или меньшей адекватности этих мер по отношению к задачам, имеющим разную психологическую природу. Но что является здесь критерием адекватности? По всей видимости, им может служить достаточно высокая степень соответствия (.корреляции) между проверяемой мерой сложности и избранной уже мерой трудности задачи[1]. Наличие подобной корреляции позволяет путем оценки сложности конкретных задач того или иного типа прогнозировать их трудность, обходясь тем самькм без непосредственного измерения последней, которое, как правило, значительно более трудоемко.

Указанный критерий адекватности мер сложности фактически используется во многих работах, связанных с их отысканием. Так, В. Э. Мильман [148] обосновывает адекватность осуществленных на основе алгоритмического подхода оценок сложности перцептивных действий высокой корреляцией между этими оценками и затратами времени на выполнение действий. А. М. Сохор [206] ищет объективную количественную характеристику системы внутренних связей учебного материала, которая обнаружила бы наибольшую корреляцию с доступностью этого материала для учащихся, опр;еделенной на основе различных показателей трудности —.как субъективных (в гносеологическом смысле), так и объективных. Подобными приемами пользуются и другие авторы. В § 5.3 фактически шла речь об использовании рассматриваемого критерия в работах [97] и [181].

Классическим примером соответствия между трудностью и сложностью задач может служить установленная еще в 50-е гг. в ряде экспериментов линейная зависимость среднего времени реакции выбора в сериях безошибочных реакций (это время является мерой трудности) от энтропии стимульной ситуации, г. е. от меры сложности. Существенно при этом, что такая зависимость имеет место «для высокотренированных испытуемых, которым известно все мложество возможных параметров сигнала». В результате

[1] Здесь уместно внести такое уточнение. Со сложностью задач обычно находится в соответствии их интегральная трудность. В качестве коррелята дифференциальной трудности может выступать «информационная напряженность» (см. § 5.4).

5*

тренировки (при которой, уточним мы, субъективны^ вероятности становятся равны объективным) «время опознания начинает соответствовать реальной величине количества информации источника» [102, с. 32—33].

Для прогнозирования трудности задач, решаемых в процессе достаточно сложной деятельности, часто приходится учитывать систему показателей сложности этих задач («факторов сложности» в другой терминологии, [47; 122]). Каждый из них отражает определенный аспект структуры нормативного илщ реального процесса решения задачи. Так, И. Я. Лернер на основе анализа решения познавательных зН дач школьниками пришел к выводу, что «сложности задач, сказывающаяся на трудности их решения, зависит от'трех факторов: 1) от состава данных усло'Я вий, подлежащих учету и взаимному соотнесению для успешного решения. Чем больше таких данных, тем сложнее задача; 2) от расстояния между вопросом задачи и ответом на нее, т. е. от числа промежуточных суждений, логических звеньев, которые нЯ обходимо лройти, чтобы найти решение; 3) от состав ва решения, т. е. от числа рядоположщых выводов, которые можно и надо сделать в результате решения задачи» [122, с. 87] '.

Л. Г. Соколова выявила путем интервью, анкетщ рован-ия, анализа допускаемых учащимися ошибок «шесть компонентов сложности учебной физической задачи». В их числе: неявная заданность некоторый элементов, характеризующих процесс или явление; проявление в физической ситуации нескольких закоЯ номерпостей; «комплексность» задачи, т. е. ее принадлежность одновременно к нескольким типам учебных- задач; «комбинированный» характер задачи*; т. е. возможность ее расчленения «на элементарные, связанные с одним физическим телом или с одним его состоянием и т. п.»; использование единиц измерения, не входящих в одну систему; необходимость выполнения большого количества математических, операций [205, с. 62].

Желательно, конечно, на основе отдельных покЯ зателей сложности задач определенного типа полу!

[1] Заметим, что эти факторы в своей совокупности опред^ ляют количество операций, входящих в способ решения задачи.1

()ать ее единую числовую оценку. Л. Г. Соколова предприняла попытку в этом направлении. «Степень сложности» учебной физической задачи она подсчитала как сумму уровней выраженности каждого f13 присутствующих в задаче компонентов сложности. Например, если задача относится одновременно к двум типам, то для соответствующего компонента сложности упомянутый уровень /7=1; если к трем, то #==2 и т. д. Если же соответствующий компонент сложности вообще не представлен в задаче, то U==0 [там же].

Использование подобных приемов (если с их помошью удается прогнозировать трудность задач) представляет собой шаг вперед по сравнению с интуитивной оценкой сложности задач. Вместе с тем успешность такого прогнозирования возрастает при обращении к методам математической статистики. Последнее имеет место, в частности, при прогнозировании трудности задач понимания печатного текста с помощью формул сложности текста, или, как их еще называют, формул читабельности. Такая формула «представляет собой уравнение регрессии, в левой части которого стоит усредненная оценка трудности текста... а в правой части —алгебраическая сумма количественных оценок языковых параметров текста, наиболее сильно прогнозирующих его трудность, с соответствующими коэффициентами регрессии» [140, с. 25].

Я- А. Микк, проанализировав 124 признака текста, выделил из их числа «компоненты сложности текста» и разработал «формулы сложности». В каждую такую формулу включаются компоненты сложности, «которые имеют высокую •корреляцию с трудностью текста и которые можно установить с небольшой затратой труда, причем надежно» [147, с. 49]. Наилучшей оказалась формула, в которую вошли два компонента сложности: «средняя длина самостоятельных предложений в печатных знаках» и «средняя абстрактность повторяющихся в тексте имен существительных» [там же, с. 54].

Подобные исследования имеют важное практическое значение. Так, с помощью одной из разработанных. Я- А. Микком формул были вычислены оценки сложности учебников общеобразовательной школы Эстонской ССР и сопоставлены с процентом иеуспевагощ'их учащихся по соответствующим предметам. • Связь между этими показателями оказалась весьма тесной, что дает основание использовать предложенные формулы в процессе предварительной оценки j учебников до их экспериментальной проверки в школе.

Исследование соотношений между показателями трудности и сложности задач помогает выяснять'! структуру процессов их решения. В самом деле, з н я чение сложности задачи (под которой мы понимаем, как было сказано выше, сложность реального илД нормативного процесса ее решения) зависит не тольЯ ко от принятой меры сложности, но и от гипотезы Я структуре этого процесса. Пусть имеется несколько! таких гипотез, из которых нужно выбрать наиболее j адекватную. Тогда можно воспользоваться таким! методам: для некоторого ряда реализаций рассмат-| риваемого процесса находят соответствующий ряЯ значений трудности и несколько рядов значений ре* альной сложности, каждый из которых соответствуЛ ет какой-либо гипотезе о структуре процесса[1]. При^ прочих равных условиях наиболее правдоподобной* является та гипотеза, для которой ряд значении сложности дает наиболее высокую корреляцию с ряя дом значений трудности.

Примером использования этого метода может служить и<Л следование П. Саппеса и Г. Гроена [264], выяснявших структу-1 ру действия сложения однозначных чисел, выполняемого школь-Д никами I класса. Детям предлагалась последовательность из9 21 задачи на сложение. За меру трудности задач была принята продолжительность процесса успешного решения (процент ошн^ бок был мал, и процессы, завершавшиеся ошибочными ответа*! ми, были исключены из рассмотрения). Авторы предложили! •дять гипотетических моделей, отражавших возможную структуру! процесса, и в соответствии с каждой из них было подсчитано! (на основе алгоритмического подхода) значение сложности! каждой задачи. Полученные пять рядов значений сложности бы-т ли с помощью регрессионного анализа сопоставлены с рядомя средних (для 30 учащихся) значений продолжительности про-j цессов успешного решения. Посредством такой процедуры была; выделена модель, обеспечивающая наилучшее соответствие меж-ду рядами значений сложности и трудности (согласно этой МО*J дели, учащийся берет большее из слагаемых и прибавляет к нв му последовательно столько единиц, сколько их в меньшем слагаемом). Структура процесса решения, описываемая этой моделью, является наиболее вероятной.

[1] «Реальная сложность» — это термин, смысл которого разъяснен в § 5.2 и который мы употребляем независимо от того! насколько близка к истине используемая гипотеза о структура процесса решения задачи,

В. И. Загвяз'инский предложил оценивать степень проблемное™ (нерутинности, в нашей терминологии) учебных задач «отношением .количества нестереотипных, нешаблонных шагов, необходимых для нахождения ответа, к общему количеству шагов» [84, с. 237]. Таким образом, показатель нерутинности находится здесь как отношение двух показателей сложности задачи.

Заслуживает внимания анализ соотношения уровней трудности, -сложности и нерутинности учебных задач. Поскольку уровень трудности задачи зависит и от уровня ее сложности, и от уровня ее нерутинности и поскольку трудность учебных задач не должна быть слишком высокой, повышение нерутиинности таких задач требует, большей частью, ограничения их сложности[1]. Это обстоятельство необходимо учитывать при установлении соотношения между использованием проблемных и «сообщающих» методов обучения ,(см. [59]).

В свете сказанного понятно, что «чем выше уровень сформированное™ у учащихся вычислительных алгоритмов, тем лучше они смогут решать задачи, в там числе и творческого характера» [168, с. 110]. Действительно, повышение уровня сформированное™ алгоритмов у учащихся можно интерпретировать как снижение реальной сложности, которой обладают для этих учащихся задачи, решаемые с использованием упомянутых алгоритмов.

§ 5.6. О возможностях использования качественных и количественных характеристик задач для оценки учебных достижений и умственного развития учащихся

Учет рассмотренных в главах 3 и 4 качественных характеристик задач, а также их количественных характеристик, описанных в настоящей главе, открыва-

[1] Данное рассуждение служит примером того, что дифференциация количественных характеристик задач, раскрытие их взаимосвязи полезны уже на концептуальном уровне, т. е, без Установления числовых значений этих характеристик.

ет возможности для более разностороннего и адекватного оценивания учебных достижений учащихся, а также их умственного развития.

В частности, об уровне усвоения учащимися тем или иных знаний можно судить по диапазону задач соответствующего содержания: а) решаемых без доступа к внешней информации (см. § 4.1); б) решаемых при условии, что их формулировки содержат открытые вопросы (см. § 4.4); в) являющихся для этих учащихся четкими или квазичеткими (см. § 3.3).

Об общем уровне усвоения учащимися средств решения задач определенного содержания можно судить: а) по диапазону задач этого содержания, являющихся для них разрешимыми (см. § 3.2); б) по уровню трудности (см. § 5.1), которым обладают для них задачи этого содержания, сформулированные определенным образом.

Об уровне усвоения учащимися конкретных средств и способов решения задач можно судить: а) по диапазону задач соответствующего содержания, являющихся для них квазирутинными (см. § 3.2); б) по уровню сложности (см. § 5.2), которым обладают для них задачи этого содержания, сформулированные определенным образом.

Об умственном развитии учащихся можно судить:

а) по расширению диапазона задач различного содержания, являющихся для них: (1) разрешимыми, (2) четкими или квазичеткими; (3) квазирутинными;

б) по повышению нормативной сложности (см. § 5.2) разрешимых для них задач различного содержания (при этом имеется в виду, что система элементов, используемая при подсчете нормативной сложности, остается фиксированной, т. е. не учитываются изменения в системе элементов, которой фактически пользуется субъект). Варьируя нормативную сложность учебных задач, можно добиться их одинаковой трудности для учащихся, находящихся на разном уровне развития[1];

в) по понижению реальной сложности (см. § 5.2), которой обладают для этих учащихся определенным

[1] Этот принцип нашел применение в разработке многоуровневых обучающих программ [21].

образом сформулированные задачи различного содержания. Такое понижение обусловлено использованием более рациональных способов действий и укрупнением элементов, из которых строятся эти способы. Рассматриваемый аспект развития находится в диалектическом единстве с аспектом «б», поскольку, как писал Г. С. Костюк, «усложнение форм психической деятельности включает и процессы упрощения, свертывания, стереотипизации. Свернутые, стереотипизированные способы внутренних и внешних действий входят в качестве компонентов в новые структуры, являясь одним из условий их экономного функционирования» [110, с. 121];

г) по расширению возможностей переноса усваиваемых средств решения задачи[1], т. е. по увеличению содержательного разнообразия задач, для которых уровень трудности, сложности или уровень нерутинности (см. § 5.1—5.2) уменьшается при усвоении средств решения задач определенного содержания;

д) по повышению способности учащихся к самостоятельной постановке познавательных задач.

* * *

В целом материал, изложенный в данной главе, показывает, что выделение и оценка количественных характеристик задач — это сложная проблема, разработка которой наталкивается на ряд препятствий, в том числе принципиального характера. Вместе с тем систематизация и применение тех результатов, которые уже достигнуты в данной области, способны принести реальную пользу в исследовании и проектировании деятельности, в том числе учебной. Разумеется, в каждом конкретном случае такое применение должно быть подчинено качественному анализу рассматриваемых задач, равно как и процессов их постановки, принятия и решения.

[1] Напомним (см. § 2.3), что к числу средств решения задач мы относим императивные модели способов их решения,

Задачи в процессе обучения

> Мне сдается, что у Платона и Ксенофонта Сократ ведет спор скорее ради пользы своих противников, чем ради самого предмета спора. Он обращается с предметом так, словно ставит себе более важную цель, чем истолкование такового, то есть стремится просветить умы тех, с кем беседует и кого учит. Во время охоты ловкость и целесообразность наших действий и являются в сущности той дичью, за которой мы охотимся... А уж поймаем ли мы дичь или не поймаем — дело совсем другое.
>
> *Мишель Монтень* [151, с. 13]

Настоящая глава посвящена применению категории задачи к исследованию и проектированию учения и обучения. Собственно говоря, такого применения мы неоднократно касались и в предшествующих главах, иллюстрируя и **интерпретируя** результаты, получаемые в ходе разработки теории задач в общесистемном и общепсихологическом плане. Теперь предполагается дополнить эти результаты рассмотрением задач с позиций дидактики и педагогической психологии.

§ 6.1. Основные типы задач, различающиеся по функциям в учебно-воспитательном процессе

Обратимся прежде всего к понятию *учебной деятельности*. Не обсуждая здесь его различных трактовок, отметим, что мы считаем учебной всякую деятельность, основная функция которой состоит в овладении средствами других деятельностей. Термин «учение» мы употребляем как синоним термина «учебная деятельность», используемого в рассматриваемом широком смысле. Вместе с тем для обозначения приобретения и усовершенствования знаний, умений и навыков, достигаемого в процессе любой деятельности, мы считаем более рациональным применять термин «научение» (он, с нашей точки зрения, лучше всего соответствует английскому термину «learning»). Научение субъекта решению задач некоторого класса можно определить как процесс осуществления субъектом операций, в результате которых задачи этого класса становятся для него менее трудными.

Вернемся к характеристике учебной деятельности. Исходя из приведенного в предыдущем абзаце ее определения, при описании учебной деятельности можно выделить две категории действий и задач. К первой категории относятся действия, составляющие учебную деятельность *(учебные действия)*, и задачи, на решение которых направлены (или должны быть направлены) эти действия *(учебные задачи)*. Вторую категорию образуют действия, которые субъект должен научиться осуществлять *(критериальные действия)*, и задачи, которые он должен научиться решать *(критериальные задачи)*. В процессе учения субъект овладевает средствами решения критериальных задач (в том числе моделями способов их решения, см. § 2.3). Основанием для применения термина «критериальная задача» служит то, что успешное решение таких задач выступает в качестве критерия достижения целей обучения (разумеется, при условии, что последние адекватно представлены в системе критериальных задач). Заслуживает положительной оценки то, что в школьные программы по разным предметам вводятся ныне «требования к умениям учащихся», содержащие описания критериальных задач.

Приведем характерный пример. В результате изучения курса химии VIII класса школьники должны, в частности, научиться: «на основании знаний периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева и строения атомов составлять формулы важнейших соединений, определять вид химической связи и прогнозировать характерные общие свойства веществ...»; «на основе знания валентности элементов составлять формулы соединений, состоящих из двух элементов, формулы оснований и солей по известной валентности металлов и кислотных остатков...» [177, с. 15].

Работа по составлению таких описаний и их включению в программы соответствующих курсов активизировалась под воздействием требования Основных направлений реформы общеобразовательной и профессиональной школы: «По каждому предмету и классу определить оптимальный объем умений и навыков, обязательных для овладения учащимися» [4, с. 45]. В частности, разработаны «Обязательные результаты обучения по математике» [162] в виде^ набора конкретных задач, являющихся (в нашей терминологии) образцами, частными случаями критериальных задач[1]. Этот документ встретил в основном положительные отзывы со стороны учителей математики и методистов (см. [161]). Вместе с тем представляют интерес и некоторые критические отклики. Так, Б. П. ЭрдН'иев обратил внимание на то, что для IV класса «Обязательные результаты...» представляют собой «набор самых элементарных,! изолированных друг от друга заданий типа следующих: 1) прочитай число (такое-то); 2) запиши число'! (такое-то); 3) выполни (сложение, умножение и т. п.); 4) сократи дробь; ,и т. п.» [244а, с. 41]Я Между тем успешное выполнение такого рода заданий не свидетельствует еще о 'сознательном усвоении соответствующих способов действий.

В общем случае, для того чтобы описание требований к формируемым учебным приобретениям было достаточно полным и корректным, следует, во-первых, возможно более полно отразить принятые цели обучения в системе критериальных задач; во-вторых,'; охарактеризовать не только критериальные задачи как таковые, но также и те средства их решения, кеш торыми должны овладеть обучаемые, равно как *Щ* требуемый уровень владения такими средствами.

Возвращаясь к отзывам учителей на «ОбязателвИ ные результаты обучения по математике», отметим содержащееся в них предложение (вполне резонное, на наш взгляд) о «разработке результатов обучения, отвечающих более высокому уровню подготовки учаи щихся, и создании на этой основе единых... критериев оценки» [161, с. 7].

Можно, однако, не согласиться (во всяком слИ чае, если широко трактовать понятие задачи) с тем, что возможность представления «обязательных результатов обучения» посредством системы задач <Я ражает «специфику школьного курса математике [там же]. Скорее, следует 'признать, что применительно к курсу математики задачи, пригодные для

[1] Критериальные задачи как таковые *в* принципе всегда я« ляются родовыми (см. § 3.1): ведь обучаемые должны овладетЦ средствами, обеспечивающими (или хотя бы облегчающими) р-шение не какой-либо конкретной задачи, а некоторого **кла*Я** задач.

этой цели, лучше разработаны. Но разрабатывать их следует 'Применительно ко всем учебным предметам.

Если в рамках общего образования цели обучения получают конкретизацию в системе критериальных задач, то профессиональное образование нуждается также в обратном механизме: в соответствии с иIШ выделенная путем анализа нормативной деятельности специалиста система критериальных задач (и терминологии Н. Ф. Талызиной —«основная система задач, с которыми встретится будущий специалист» [210, с. 10]) служит основанием для разработки целей обучения.

«Корректное выделение и анализ умений, диктуемых этими задачами",—^продолжает Н. Ф. Талызина,— позволяет однозначно определить объем и содержание знаний, входящих в эти умения» [там же, с. Ю—11]. Таким образом, представление основных целей обучения через посредство системы критериальных задач не означает недооценки знаний, которые должны стать достоянием обучаемых. Выше было оказано о важности описания средств решения критериальных задач, а знания занимают в системе таких средств ключевое место. Можно рассуждать и так: когда мы говорим, что обучаемые должны научиться решать критериальные задачи, это значит, что они должны овладеть способами их решения, иначе говоря, соответствующими способами действия. В таких способах важнейшая роль принадлежит ориентировке (см. § 2.5); в терминах П. Я- Гальперина и Н. Ф. Талызиной —.ориентировочной основе действий, т. е., можно сказать, знаниям *в их действенной функции.*

Последнее уточнение очень важно. Как писал академик А. Н. Несмеянов, «главное, что должно дать образование и о че,м часто забывают,— это не «багаж» знаний, а умение владеть этим «багажом». Это и есть главная цель любого, в *том* числе и высшего, образования» [156, с. 79].

Представляет интерес группировка критериальных задач в соответствии с основными аспектами Деятельности, которой должны овладеть обучаемые. Мы воспользовались здесь идеей И. Я- Лернера, подчеркнувшего необходимость ориентироваться при построении систем учебных задач на так называемые аспектные проблемы, «сквозные для всех или части йвлений, изучаемых данной наукой и соответственна учебным предметом. Так, для общественных дисца. плин аепектными проблемами являются выяснение тенденций развития, определение классовой природ^ явления, выявление причинно-следственных связей и т. д.» [174, с. 27].

Вообще, при разработке систем учебных задач их следует соотносить с критериальными, но вместе М тем надо помнить о /принципиальном различии в функциях этих типов задач. В связи с предложениями о внесении дополнений в наборы задач, включенных в «Обязательные результаты обучения по математике» (предлагалось, например, добавить задачи, «подводящие к усвоению понятий»), справедливо указывается: «Несомненно, в процессе обучения таЯ кие задачи будут решаться, но они не относятся в итоговым по теме результатам обучения»; цель «Обязательных результатов» — «обозначить тот итоговый уровень усвоения темы, которого должен достичь каждый ученик. При обучении необходим достаточно широкий арсенал средств для организации усвоения материала учащимися...» [161, с. 9].

Вообще, главная цель применения учебных задач состоит в том, чтобы обучаемые овладели теми или иными средствами решения критериальных задач я в отличие от этого главная цель, преследуемая рщ шением критериальных задач в условиях трудовой (производственной или научно-лознавателы-гой) деятельности, состоит в получении некоторого внешнего! отчуждаемого от субъекта результата.

Все это не исключает того, что в некоторых ситуациях те или иные задачи (и соответственно направленные на их решение действия) одновременно.? являются и критериальными, и учебными. (Учитывая, что критериальные задачи всегда являются реядовыми, указанное совпадение строго говоря, воз| можно при условии, что рассматриваются родовый) учебные задачи. Что же касается индивидуальных^ учебных задач, то они могут совпадать с частными! видами критериальных.) Выделим два типа таких* ситуаций.

Первый тип имеет место, когда задача, первонасально фигурирующий в йачебтве критериальной, непосредственно используется как учебная задача, предназначенная для обучения решению этой критериальной задачи (например, чтобы научиться забирать гвозди, упражняются именно в забивании гвоздей). В ситуациях второго типа сама критериальная задача является учебной (субъект овладевает средствами учебной деятельности, «учится учиться») [1].

[1] Подробнее специфика учебных задач будет рассмотрена в § 6.2.

Однако даже в этих случаях, когда вроде бы одна и та же задача является и критериальной, и учебной, различать эти категории необходимо. В первом случае эффективность одних и тех же действий должна оцениваться по-разному в зависимости от того, выступают ли они в качестве критериальных или учебных: эффективность критериальных — по количественным и качественным показателям выполненной работы, а эффективность учебных—-по степени овладения рациональными способами действий. Во втором случае рассматриваемая задача является критериальной в одной системе задач, а учебной — в другой.

Перейдем теперь от рассмотрения учения к характеристике *обучения.* Как известно, в дидактике обучение трактуют обычно как двусторонний процесс, охватывающий деятельность учащегося (учащихся) — учение и деятельность учителя—преподавание. С этой трактовкой согласуется понимание обучения как функционирования специфической системы управления [144].

При описании обучения оказывается необходимым помимо учебных и критериальных рассматривать еще две категории задач. Это, во-первых, *дидактические задачи,* т. е. задачи управления учением. В основном их решает учитель (вообще, любой обучающий). Вместе с тем осуществление тех или иных операций, входящих в способы их решения (в простейшем случае такая операция обеспечивает переход к чтению

[1] Эта цель, носящая вроде бы вспомогательный характер, приобретает в условиях научно-технической революции и в особенности в связи с формированием системы непрерывного образования фундаментальное значение в системе критериальных задач практически по всем предметам. По словам К. Роджерса, современный человек «живет в среде, которая непрерывно изменяется», и потому ныне «образованный человек — только тот, кто научился учиться» [262, с. 107]. Отсюда возрастающее внимание к формированию учебных умений [220; 257].

определенной страницы пособия, к продумывать*! ответа па определенный вопрос), может быть передано техническому устройству или самому обучаемому. Обе эти возможности широко используются в' программированном обучении и обучении с помощью компьютера.

Важную роль понятия дидактической задачи отмечает В. И. Загвязинский. «Основным противоречием учебного процесса,— пишет он,— является посто>-янно преодолеваемое в совместной работе ученикаТИ учителя и возобновляющееся несоответствие между воплощенным в деятельности ученика достигнутым уровнем знаний, умений, навыков, развития, отношения к учению (этот уровень отражается исходной стороной дидактической задачи) и требуемым, находящимся в ближайшей перспективе, закономерно вы4 растающим из достигнутого (он отражается перспективной стороной дидактической задачи)» [85,' с. 72]. Вирочем, если говорить не об отдельной дЯ дактической задаче, а о системе таких задач, то ия решение должно быть направлено на достижение щ конкретных условиях учебного процесса не только цели, «находящейся в ближайшей перспективе», нщ и некоторой иерархической системы целей. На ея относительно более низких ступенях находятся цели, которые могут быть описаны достаточно четко щ предусматривают формирование у обучаемых определенных средств решения критериальных задач, И том числе знаний, стратегий, императивных моделей способов действий и пр. Цели обучения, находящие-! ся на верхних ступенях иерархии (они предусматривают развитие способностей обучаемых, достижение воспитательных эффектов и т. п.), с гораздо большим трудом поддаются операциональному описанию, но! конечно, обязательно должны приниматься во внимание при постановке и решении дидактических задач.',

Во-вторых, следует ввести в рассмотрение *провМ рочные задачи,* с помощью которых выясняется, В! какой мер.е достигнуты цели обучения. Проверочны^ задачи должны быть частными видами или моделями критериальных задач. (Так, например, желательно! чтобы предлагаемое студенту технического вуза -^Ш дание на дипломное проектирование моделировался проектные задания, .которые он должен будет уметь' заполнять в ходе последующей профессиональной деятельности.)

В связи с внедрением «Обязательных результатов обучения по математике» (см. выше) учителя обращают внимание на то, что «существующая система контроля (самостоятельные и контрольные работы, экзаменационные работы) недостаточно ориентирована на обязательные результаты обучения» [161, с. 7], и выдвигают предложения по усовершенствованию этой системы в соответствующем направлении.

Нередко одни и те же задачи выполняют функции и учебных, и проверочных. Как учебные, так и проверочные задачи (наряду с указаниями, относящимися к решению ряда таких задач, воздействиями, направленными на повышение мотивации учения, и т. п.) выступают в качестве средств решения дидактических задач[1].

Применение понятий об учебных и дидактических задачах проиллюстрируем на примере рассмотренных Е. И. Машбицем трех вариантов использования компьютера в учебном процессе.

1. Компьютер выступает как средство решения только учебных (но не дидактичеоких) задач. Функции компьютера (используемого в качестве справочной системы, средства осуществления расчетов, моделирования 'И т. п.) здесь «мало чем отличаются от тех, которые он выполняет в рамках других видов деятельности — научной, производственной» [143, с. 48—49].

2. Компьютер является средством решения дидактических (но не учебных) задач. В этом случае он взаимодействует не с обучаемыми, а с педагогом, которому, например, «может выдавать рекомендация о целесообразности применения тех или иных обучающих воздействий по отношению к тем или иным обучаемым» [там же, с. 50].

3. Компьютер применяется как средство решения и учебных, и дидактических задач. В данном случае, взаимодействуя с обучаемым, он при этом непосредственно осуществляет управление его учебной деятельностью с помощью соответствующей последовательности обучающих воздействий. «Разумеется, в

[1] Развернутую характеристику различных видов обучающих воздействий дает Е. И. Машбиц [144].

определенные моменты инициатива может переходить к школьнику, ему предоставляется возможность задавать различные вопросы, относящиеся к решению той или иной учебной задачи». Однако вместо явного ответа на воюрос учащегося компьютер может, подобию учителю, «дать некоторое эвристическое указание, предложить решить вспомогательную задачу и т. д.» [там же, с. 49].

Приведенный пример демонстрирует важности четкого различения используемых понятий (в частности, об учебных и дидактических задачах). Но щ менее важно видеть взаимосвязь и взаимопереходы явлений, описываемых этими понятиями. Мы говорим: дидактическую задачу решает учитель (или моя делирующий его деятельность компьютер). Однако при этом одна из особо значимых дидактических целей состоит в том, чтобы развивать рефлексию обучаемых, направленную на собственную учебную деятельность, и постепенно формировать умение самостоятельно управлять ею.

Обучение, пишут В. В. Краевский и И. Я. Лернеш «направлено в конечном счете на собственное отриПание, на снятие обучения в учении» [114, с. 133]. Точнее, видимо, говорить о постепенном переходе от осуществляемого извне (учителями) обучения некоторого субъекта к его самообучению.

* * *

В настоящей книге мы сосредоточили внимание на дидактических применениях теории задач. Вместе с тем следует заметить, что категория задачи представляет интерес и для разработки проблем воспитания (рассматриваемого то ли в относительно узком плане — как формирование системы ценностных ориентации и соответствующего ей поведения, то ли весьма широко — как формирование личности в хЯ лом).

Во-первых, социальная функция воспитания подрастающего поколения может быть описана как подготовка его представителей к решению многообразных задач, с которыми им придется столкнуться на протяжении их жизни.

Во-вторых, формирование и развитие личности осуществляется только в деятельности (широко трак*

туемой), т. е., иначе говоря, в процессе решений задач[1]. Стало быть, сущность процесса воспитания может быть описана как стимулирование решения воспитуемыми задач, способствующих развитию в нужном направлении личности каждого из них.

В-третьих, заслуживают исследования особенности задач, решаемых воспитателем,— особенности, определяющие требования к эвристическим средствам, которые должна предоставлять в распоряжение воспитателей педагогическая наука. Нетрудно заметить, что три выделенных типа задач соответственно аналогичны критериальным, учебным и дидактическим задачам, рассмотренным выше применительно к теории обучения.

Как и ,в случае обучения, различение типов задач, о которых идет речь в предыдущем абзаце, должно сочетаться с учетом взаимосвязей и взаимопереходов между ними. Такие взаимопереходы связаны, в частности, с отношением между воспитанием (осуществляемым извне) и самовоспитанием, которое должно формироваться под его воздействием. Это отношение аналогично тому (рассмотренному выше), которое должно иметь место между обучением и самообучением[2].

Констатация отмеченных аналогий не ставит, разумеется, под сомнение специфику воспитания но сравнению с обучением. В то время как системы учебных задач .в своей .подавляющей части строятся заранее, воспитание (в особенности нравственное) лишь частично осуществляется путем заранее запланированных мероприятий; важную роль в достижении целей воспитания играет оперативное регулирование разнообразной деятельности воспитуемых. Уроки

[1] Этот тезис не противоречит положению о фундаментальной роли общения в воспитании, хотя бы потому, что общение может быть рассмотрено как специфический вид деятельности [126]. К тому же, как отметил Г. С. Батищев, для развития личности очень валено ненавязчиво передавать воспитуемому «*задачу на поступок, задачу на внутреннюю работу* души и духа, на внутренний *выбор по собственной совести,..* Но принятие задач на поступки может совершаться не иначе, как *внутри* глубинной общности, *внутри* взаимной сопричастности друг другу» [22а].

[2] Выдвигаемым положениям созвучен тезис о необходимости «не на словах, а на деле признать ученика не только объектом, но и субъектом педагогической деятельности» [167, с. 1].

честности в отличие от уроков физики «дает сама жиэнь, они не могут иметь твердых организационных рамок, их гораздо труднее спроектировать, чем вторые» [113, с. 36]. С этим связано и такое различие- обучаемому чаще всего лолезно осознавать, что его обучают, но, как писал А. С. Макаренко, большей частью нежелательно, «чтобы каждая отдельная личность чувствовала себя объектом воспитания» [132, с. 169][1].

Понятие педагогической задачи (по отношению к которому лонятия «дидактическая задача» и «воспитательная задача» являются видовыми[2]) анализируется рядом исследователей (см., например, [146]), Как подчеркивал Г. С. Костюк, «специфика педагогических задач состоит в том, что они могут быть решены и решаются только посредством руководимой учителями активности учащихся, их деятельности»* [109, с. 19]. В процессе [Профессиональной подготовки учителей имеет место особый случай: здесь организуется решение обучаемыми «учебных педагогических задач». С этой целью осуществляется моделирование типичных педагогических ситуаций [149; 207].

§ 6.2, Особенности учебных задач

Понятие учебной задачи мы считаем необходимым проанализировать глубже. Это требуется, помимо прочего, потому, что в термин «учебная задача» разивши исследователями вкладывается неодинаковое содержание.

В .педагогике издавна принято понимать под учебной задачей специфический вид задания, даваемого учащимся, чаще всего такое задание, которое требует от них более или менее развернутых мыслительных? действий (.продуктивных или репродуктивных). Если, однако, руководствоваться основанным на идеях психологии деятельности и принимаемым в этой .книге задачным подходом, то понятие учебной задачи следует трактовать шире. В соответствии с указанным подходом считается, что «учебная деятельность, каЯ

[1] Попытка глубже проанализировать вопросы, затронутом в данном абзаце, предпринята в статье [21а].

[2] Необходимость различать эти виды при анализе педагогического процесса никак не исключает их тесной взаимосвязи.

Л любая иная, имеет задачную структуру, т. е. осуществляется как решение специфических для нее (учебных) задач... Существуют мыслительные, мнелдческие, перцептивные, имажинативные, коммуникативные и другие учебные задачи[1]. Такая точка зрения, естественно, не совпадает с распространенными классификациями видов учения, в которых решение задач (какое бы значение ему ни придавалось) рассматривается лишь как один из таких видов» [112, с 70].

Обсудим вопрос о пределах применимости рассматриваемого подхода.

Трактовка учения как решения задач связывается обычно (и не без основания) с подчеркиванием активности учащихся. Как пишет Т. Томашевский, педагоги «отличают пассивное получение (приобретение) сообщений от активного и предлагают применять активные методы... Однако,—продолжает он,— мы не можем проходить мимо и противоположных фактов. На наших глазах применяются — тоже во все большем объеме —методы управления поведением людей *с* помощью пассивной рецепции... Радиослушатели и телезрители держат себя, скорее, пассивно, ограничиваясь только восприятием слышимого или видимого, однако воздействию передаваемых таким образом сообщений придается все большее значение» [217, с. 15—16].

Нельзя не признать, что «пассивное восприятие» в этом смысле имеет место и в процессах учения, причем нередко оно оказывается вполне эффективным с точки зрения достижения поставленных целей обучения (разумеется, не любых, а целей определенного характера, таких, например, как формирование У учащихся интереса к изучаемой теме или достижение первичного понимания [211] ими нового учебного материала).

Сосредоточим внимание на ученике, с интересом слушающем увлекательный рассказ учителя. Предположим, учитель на этот раз не вводит в свой рассказ элементов беседы, не задает классу вопросов, а просто рассказывает, но делает это мастерски. -Уче-

[1] Ведущая роль, которую должны играть в учебной деятельности мыслительные задачи, при этом, конечно, не ставится под сомнение.

ник, увлеченно слушающий рассказ учителя, с ж$_{и}$. гейской (И обычной педагогической) точки зрения пассивен и уж во всяком случае не решает никакой задачи. Но можно ли считать этого ученика пассивным, анализируя его поведение в психологическое плане? И не допускает ли Т. Томашежжий в приведенной цитате известного отхода от своего же совершенно правильного положения о том, что психические явления представляют собой «действия человека, который является их субъектом, стремящимся к определенным целям, а не только предметом, пассивно реагирующим на внешние воздействия» [265, с. 88]? Наконец, разве не ясно, что успешность обучения, в том числе его развивающие эффекты, зависит в пер>вую очередь не от внешней активности учащихся, а от активизации их психической деятельности? В учебном процессе должны находить место различные способы такой активизации *К*

Нас, однако, интересует еще и такой вопрос: следует ли считать, что ученик, увлеченно слушающий учителя, решает при этом некоторую задачу? На этот вопрос можно ответить так. С нашей точки зрения (см. § 2.5 и 3.4), всякое действие субъекта, управляемое осознанной или даже неосознанной целью, направлено тем самым на решение той или иной внутренней для субъекта задачи. У ученика, о котором идет речь, безусловно, имеется познавательная цель (стремление к приобретению информации), хотя эта цель может и не фиксироваться в его сознании, поглощенном содержанием информации. Указанная цель (она же требование решаемой учеником задачи, в данном случае перцептивной) представляет собой модель требуемого состояния знания учеЦ ника о некотором объекте; то знание о нем, которым ученик обладает в данный момент, составляет ис-J ходный предмет решаемой им задачи.

Таким образом, есть достаточные основания считать, что ученик, с увлечением слушающий рассказ

[1] Обсуждая проблемы литературного образования, И. Ф. Гончаров соглашается с тем, что «и во время слушания' можно быть духовно активным». Вместе с тем он резонно за! мечает, что, «слушая, ученик не всегда имеет[1] возможность быта вполне самостоятельным. Полнота самостоятельности там, где ученик-читатель сам конструирует вопросы, сам анализирует произведение, сам готовит доклад и т. п.» [62, с. 32].

учителя, решает при этом задачу (точнее, последовательность задач). И не следует думать, что это утверждение представляет только теоретический интерес. Выделение познавательных задач, которые должны решать учащиеся, слушая рассказ учителя, позволяет рациональнее построить его (а также и урок в целом, см. [164]).

Этот тезис получил подтверждение в исследовании Дl. В. Рычика [195]. Для рассказов учителя по курсу природоведения им были подготовлены тексты в комплексе с дополняющими их рисунками. Каждый текст был организован как иерархическая система познавательных задач, включающая: а) общую задачу, постановке и решению которой посвящен весь рассказ; б) несколько выделяемых в ней подзадач; в) «микрозадачи», решая которые учащиеся предугадывали последующие элементы рассказа.

Общая задача и подзадачи ставились перед детьми в явной форме, с опорой па рисунок, например: «Надо выяснить, где здесь {на изображенной местности) можно накопать глины». В отличие от этого микрозадачи как таковые не формулировались. Начало фразы (например: «Серые и красноватые участки скалы разделены более темными—коричневыми или желтовато-серыми...») задавало ребенку условие микрозадачи. Затем, после выдержанной учителем небольшой паузы, учащийся воспринимал окончание фразы, дававшее правильный результат решения микрозадачи, «ответ» па нее (в данном случае: «...прослойками другого камня»). Если результат самостоятельного решения не совпадал с этим ответом, последний возвращал познавательный процесс в запланированное русло формируемого представления, не давая ребенку возможности переключить внимание на посторонние факты. Если же ребенок самостоятельно приходил к правильному решению микрозадачи, .то совпадение собственного прогноза со словом учителя переживалось им как успех, поднимающий уровень его познавательных эмоций.

Вывод, достигнутый в результате решения каждой предыдущей микрозадачи, включался в условие следующей — благодаря этому цепь познаваемых объектов и их признаков оказывалась столь же непрерывной, как и при самостоятельном восприятии или представлении детьми природных явлений. При этом, однако, направленность переходов от одного образа к другому соответствовал?, не случайным условиям наблюдения, а заранее спланированной системе связей изучаемых явлений, что создавало предпосылки для их последующего понятийного осмысления.

Результаты обучающего эксперимента подтвердили эффективность разработанной методики. Было констатировано, в частности, повышение успешности учения при переходе к восприятию последующих текстов.

Подобным же образом понимание письменного текста достигается путем решения системы познавательных задач, большей частью явно неформулируемых в тексте. Понимание учащимися достаточно сложных текстов существенно облегчается и становится более глубоким, если у них специально формируются приемы осмысления текста, суть которых состоит в том, чтобы в процессе чтения выделять задачные ситуации и затем ставить и решать соответствующие им познавательные задачи [75].

В методике преподавания иностранных языков выдвигается ныне тезис о том, что вообще не следует противопоставлять тексты упражнениям: «Текст в учебном процессе не существует без задания к нему и является компонентом упражнения» [28, с. 34]. Этот тезис лежит в русле задачного подхода, но, по нашему мнению, является несколько упрощенным: надо учитывать, что один и тот же текст может быть включен в разные упражнения, или, лучше оказать, в разные задачи. Такие задачи могут не только предлагаться учителем или учебником, но и ставиться самими учащимися, к чему их желательно поощрять.

Итак, мы рассмотрели две трактовки понятия учебной задачи: традиционную педагогическую трактовку и широкую трактовку, соответствующую «задачному подходу» к исследованию учебной деятельности. Обратимся теперь еще к одной трактовке того же понятия, получившей значительное распространение в советской психологии. Характеризуя учебную задачу как «основную единицу (клеточку) учебной деятельности»[1], Д. Б. Эдиковин писал: «Необходимо строгое различение учебной задачи от различного рода практических задач, возникающих перед ребенком в ходе его жизни или специально предлагаемых ребенку взрослыми. Основное отличие учебной задачи от всяких других задач заключается в том, что ее цель и результат состоят в изменении самого действующего субъекта, заключающемся в овладении определенными способами действия, а не в изменении предметов, с которыми действует субъект» [243, с. 12].

Прокомментируем эту формулировку.

Тезис о принципиальном различии практических и учебных задач и о необходимости в связи с этим строить учебные задачи иначе, чем практические, безусловно, верен, и его выдвижение имело важное

[1] Ср. положение В. И. Загвязинского [85] о дидактической задаче как «генетической клеточке» обучения.

значение для прогресса педагогической психологии. Оз процитированного высказывания, однако, не ясно, что понимается под «целью» (и «результатом») задачи.

Если имеется в виду цель, с которой учитель предлагает задачу учащимся, то может сложиться впечатление, что подход Д. Б. Эльконина не вносит ничего принципиально нового- в трактовку учебных задач: ведь все задачи, предлагаемые учащемуся в ходе обучения, даются в конечном счете именно с той целью, чтобы обучить, а значит, изменить его[1]. Такое впечатление было бы, однако, ошибочным: рассматриваемый подход не сводится к фиксации нормативных социальных функций учебных задач, а требует, чтобы указанным функциям соответствовали психологические характеристики этих задач[2].

Одна из таких характеристик выявляется в том случае, если под «целью учебной задачи» понимать цель осуществляемых учащимися действий по решению этой задачи; при этом знания и умения, приобретаемые ими в результате достижения указанной цели, должны объективно представлять собой средства решения критериальных задач некоторого класса, в первую очередь такие, которые обеспечивают успешную реализацию познавательной фазы ориентировки в действиях по их решению (см. § 2.5).

Так, в исследовании Е. И. Машбица [141] цель действий учащихся при решении так называемых задач-моделей[3] состояла в установлении математических и логических отношений, существующих между элементами прямоугольного треугольника, а знание этих отношений выступало в качестве средства решения критериальных задач, требовавших нахождения

[1] К сожалению, это не всегда в должной мере учитывается Учителями. Как пишет Ю. М. Колягин, анализируя практику решения математических задач в школе, «многие учителя забывают об учебном характере каждой задачи, о том, что она должна обогащать знания и опыт учащихся, учить математической Деятельности» [105, с. 58].

[2] Как отмечает Е. И. Машбиц, «традиционно используемые в школе задачи отнюдь не всегда способствуют достижению Учебных целей, тем более отдаленных» [144, с. 111] (имеются в виду нормативные цели учебной деятельности).

[3] О них мы уже упоминали в § 4.5.

каких-либо элементов прямоугольного треугольника по другим (заданным) элементам.

Другая психологическая характеристика учебной задачи (в рассматриваемом понимании) выявляется в том случае, если под «целью учебной задачи» понимать сознательное стремление учащегося к овладен'ию общим способом ориентировки в материале того или иного типа. Формирование такого стремления тесно связано с развитием у школьников «одной из главных черт собственно теоретического мышления — • рефлексии как умения выделять, анализировать и соотносить с предметной ситуацией свои собд сгвенные способы деятельности» [68, с. 687].

В целО'М трактовка учебной задачи, предложенная! Д. Б. Эль'коыиным, является весьма емкой по содержанию и плодотворной в качестве концептуального! средства, помогающего строить эффективный процесс обучения. Тем не менее мы не считаем возможным опереться на эту трактовку как на исходную щ характеристике учебных задач: нам нужно понятие/ которое было бы пригодно для описания любых процессов учения и обучения независимо от того, ная сколько они эффективны, равно .как и от того, построены ли они в соответствии с той или иной психои логической теорией.

В этой связи следует признать рациональным практикуемое иногда употребление для обозначения учебных задач в смысле, близком к тому, который вкладывал в этот термин Д. Б. Эльконин, таких теря минов, как «специфически учебная задача», «собственио учебная задача» и т. п. Как подтвердили многочисленные исследования, эффективность обучения существенно повышается в условиях, когда специфически учебные задачи выполняют организующую* функцию в системе решаемых учащимися задач.

Вернемся теперь к той широкой трактовке понятия учебной задачи, которая соответствует «задач! пому подходу» к исследованию учебной деятельно! сти. Даже в том случае, если требование, указанное в формулировке задачи, относится к некоторому внешнему предмету (как, например, в математических задачах, используемых в учебных целях), всякая учебная задача должна включать в себя некоторые, по крайней мере неявно выраженные требования к решающему ее субъекту (т. е. учащемуся).

Как пишет А. И. Островский, полноценное решение учебной математической задачи не ограничивается получением верного «ответа» на поставленный в условии вопрос, а, кроме того, должно удовлетворять дополнительным требованиям. В частности, верный ответ «должен быть получен не любой ценой, а с минимальными затратами»; решение задачи не должно сводиться к механическому, без понимания ее сути, выполнению операций над заданными величинами. «Полный, эффект,— заключает А. И. Островский,—будет достигнут только тогда, когда учащийся осознает, что с помощью математики он не только далучил верный ответ на поставленный в задаче частный вопрос, но и полностью разобрался в тех процессах, явлениях, состояниях, которые связаны с решенной задачей» [163, с. 89].

Мы считаем, что в подобных случаях следует различать:

а) неотнесенную задачу *M,* скажем математическую, в которой выделен некоторый исходный предмет и некоторое, требование;

б) отнесенную задачу MQ С теми же исходным предметом и требованием, рассматриваемую также в •рам,ках математики, но уже по отношению к идеализированному решателю *Q* (системе математических и логических средств решения задач);

в) отнесенную задачу *MR,* имеющую тот же исходный предмет и то же требование, что и неотнесенная задача *M,* но рассматриваемую исследователем по отношению к учащемуся как решателю *R* с определенными характеристиками (напомним проведенное в § 2.3 различение способов решения задач, •обозначенных здесь как *MQ* И MR);

г) отнесенную учебную задачу *NR,* построенную на базе задачи *M-R* и включающую в себя требования к учащемуся (а также, как правило, дополнительную информацию, относящуюся к решению задачи, см. § 2.4).

Из сказанного вытекает неправомерность отождествления учебной задачи с той математической (пли грамматической, физической и т. п.) задачей, па которой эта учебная задача основана. Формулировка математической задачи (в других случаях — компоненты такой формулировки)—-это лишь материал учебной задачи, решаемой учащимися в процессе изучения математики. Для решения этой учебной задачи могут потребоваться разные действия с указанным материалом (не только и не всегда — действия, направленные на решение упомянутой математической задачи).

Так; учащимся может быть предложено применить для решения одной математической задачи нескольЛ способов, с тем чтобы «отыскать наиболее оригинальное, красивое, экономичное решение» [101, с. 23]. Для достижения этой цели требуется вспоминать теоретические положения, а также методы и приемы решения задач и анализировать все эти средства с точки зрения применимости к описанной в задаче ситуации. «Вооружая» учащихся стратеги^' ей отыскания оптимального способа решения, учи* тель одновременно должен поощрять их самостоятельные находки.

П. М. Эрдвиев и Б. П. Эрдниев обосновывают необходимость широкого применения в обучении математике «многокомпонентных заданий». Такое задание может предусматривать, например: «а) решение обычной «готовой» задачи; б) составление обратной задачи и ее решение; в) составление аналогичной задачи по данной формуле (тождеству) или уравнению и решение ее; г) составление задачи по некоторым элементам, общим с исходной задачей; д) решение или составление задачи, обобщенной по тем или иным параметрам исходной задачи» [245, с. 14].; Авторы обращают внимание на то, что «всякая маз тематическая задача поистине неисчерпаема в своих, связях с другими задачами; после решения задачи почти всегда можно... найти несколько направлений в которых удается развить и обобщить задачу, найти затем решения созданных таким образом новых проблем» [там же, с. 61].

В работе [22] описано несколько апробированных в начальных классах школы систем заданий развивающего характера, построенных на базе сюжетных! математических задач. Эти системы предусматривали, в частности, изменение структуры математической задачи (например, переход от прямой задачи щ обратной), дополнение задачных формулировок, составление математических задач, которые соответствовали бы практическим ситуациям определенных типов.

Роль материала, па котором строятся учебные задачи, могут выполнять и формулировки принципиально неразрешимых задач, а также псевдозадачные формулировки (см. § 3.1). Вместе с тем, говоря, в частности, о начальном обучении математике, следует подчеркнуть, что готовые формулировки математических задач (в том числе особые типы формулировок) — это хотя и важный, но лишь частный вид материала, на котором строятся учебные задачи.

В 1—IV классах Павлышской школы, писал В. А. Сухомлинский, «дети решают задачи, составленные ими самими в процессе наблюдений, в процессе исследования пространственных, функциональных, причинных связей между явлениями и предметами. До тех лор пока ученики не осмыслили истоки, происхождение математической задачи, им не дают готовых задач» [208, с. 229].

Завершая параграф, охарактеризуем соотношение понятий «учебная задача» и «познавательная задача». Очевидно, что:

1) познавательные задачи решаются отнюдь не только в ходе учебной деятельности, и, значит, только некоторые познавательные задачи являются учебными;

2) среди учебных задач основную массу составляют познавательные. Вместе с тем имеются и такие учебные задачи, которые познавательными не являются (например, коммуникативные, двигательные);

3) всякая специфически учебная задача направлена на овладение «общим способом решения всех задач определенного класса» [70, с. 211] и потому может быть интерпретирована как познавательная.

§ 6.3. Учебный материал и его заданная структура

Понятие учебного материала очень широко применяется в практике и теории обучения, но, насколько нам известно, лишь недавно стало объектом углубленного теоретического анализа (см. [56; 213; и др.]). Мы не станем здесь комментировать эти работы и сопоставлять изложенные в них точки зрения с нашей, поскольку не стремимся дать развернутый анализ данного понятия, раскрыть его связи с другими дидактическими понятиями. Наша цель скромнее:

она состоит в иллюстрации возможностей применения рассмотренного в книге концептуального аппарата, и в особенности категорий «модель» и «задача».

Пусть имеется некоторый текст, используемый g процессе обучения. Что же следует считать учебным материалом: данный текст как таковой, его основное содержание или, наконец, то общее, что объединяет методически различающиеся способы изложения некоторой темы и в результате ее изучения должно стать достоянием учащихся? Термин «учебный материал» употребляется во всех трех смыслах, что вызывает немалую путаницу.

Ясно, что уточнение стихийно сложившегося понятия учебного материала требует его «расщепления»[1]. Здесь возможны разные терминологические варианты. Один из них реализован в работе [20]. Термин «учебный материал» ставится в ней в соответствие второму из упомянутых выше его смыслов, в то время как первый передается с помощью термина «дидактический материал» {обычно употребляемого лишь для обозначения дополнительных материалов, привлекаемых к использованию в учебном процессе).

Дидактический материал определяется при этом как система объектов, каждый из которых: а) является предназначенной для использования в процессе обучения материальной или материализованной моделью той или иной системы, выделенной в рамках общественного знания и опыта; б) служит средством решения некоторой дидактической задачи.

Примером материальной модели, входящей в состав дидактического материала, может служить действующая модель изучаемого механизма. Основную массу дидактического материала (трактуемого согласно вышеприведенному определению) составляют материализованные модели — всевозможные схемы, рисунки, карты и, главным образом, тексты, формируемые 'и воспроизводимые посредством то ли письменной, то ли устной речи.

В связи с пунктом «б» рассматриваемого определения можно вспомнить о вредных последствиях, к которым приводит использование тех или иных ком-

[1] Этот методологический прием был кратко охарактеризован во введении.

понентов дидактического материала безотносительно к требующим решения дидактическим задачам. Так, например, в связи с рассмотрением функций текстовых математических задач методисты справедливо обращали внимание на то, что, когда в предлагаемых школьникам математических задачах «не различаются их познавательное и развивающее назначения», тогда «неоправданно тратится драгоценное время урока, учиться становится труднее, возникает пресловутая перегрузка, теряется интерес к предмету...» [157, с. 6].

Что касается *учебного материала,* то он трактуется в работе [20] как система идеальных моделей, несомых упомянутыми (вошедшими в состав дидактического материала) материальными и материализованными моделями и предназначенных для непосредственного использования в учебной деятельности. Последний признак позволяет разграничить два понятия: «учебный материал» и значительно более широкое — «содержание дидактического материала». Так, например, содержание географической карты как компонента дидактического материала образует вся отображенная этой картой информация, которая в принципе может быть использована в учебных целях. Ясно, что в состав учебного материала урока (и даже всего курса географии) входит только часть этой информации.

В свете сформулированных определений в [20] анализируется выражение «усвоение материала», широко применяемое в практике и теории обучения. При этом констатируется, что говорить об усвоении дидактического материала было бы вообще бессмысленно, а требовать усвоения всего его содержания — явно избыточно. Более того, вовсе не надо добиваться усвоения учащимися (превращения в их долговременное достояние) всего учебного материала, как он охарактеризован выше. Ведь в состав последнего входят наряду с нормативными (подлежащими такому усвоению в соответствии с принятыми целями обучения) и дополнительные компоненты, служащие с р е д с т в а м и усвоения нормативного содержания[1]. Это, в частности, квазиалгоритмы решения

[1] Об этих типах компонентов содержания обучения см. также у Е. И. Машбица [144]. При их выделении следует помнить

учебных задач (так называемые учебные алгоритмы), эвристические предписания и рекомендации, а также предлагаемые учащимся конкретные примеры воплощения изучаемого понятия или проявления изучаемой закономерности.

Напомним теперь, что учебный материал состоит из моделей, предназначенных для непосредственного использования в учебной деятельности. Последняя же может быть представлена в виде системы процессов решения учебных задач. При таком подходе единицей членения учебного материала оказывается учебная задача[1], и построение системы таких задач становится стержнем работы по построению учебного материала, а также дидактического материала, в котором он находит воплощение.

В работе [20] обосновывается целесообразность выделения структурных компонентов учебного материала, соответствующих перцептивно-мнемическим, мыслительно-имажинативным и коммуникативным задачам, а также его функциональных компонентов, обеспечивающих соответственно усвоение операционной структуры изучаемого способа действия, сферы возможных целей его применения и класса объектов, к которым он приложим. В следующей за работой [20] главе той же коллективной монографии М. В. Рычик [194] попытался указать наиболее подходящие методические формы для каждого из девяти возможных сочетаний друг с другом перечисленных выше структурных и функциональных свойств, которыми могут обладать компоненты учебного материала. Так, например, перцептивно-мнемическая задача наилучшим образом реализуется с помощью инструктивного, описательного или справочного текста в зависимости от того, служит ли ее решение усвоению, соответственно, операционных, целевых или объектных характеристик изучаемого способа действия.

об иерархии целей обучения и учитывать, что граница между указанными компонентами может сдвигаться в зависимости от того, с какой степенью полноты и детализации описана система этих целей.

[1] Ср. трактовку учебного материала А. М. Сохором как «педагогически целесообразной системы познавательных задач» [206, с. 9].

§ 6.4. Задачный подход к построению процесса обучения

Вернемся к общему положению об учебной задаче как единице членения учебного материала. В программированном обучении такое членение осуществляется явным образом: учебной задаче здесь соответствует порция обучающей программы. Вместе с тем независимо от того, какая форма обучения используется, выступает ли в качестве источника учебной информации печатный текст, или живое слово учителя, или, скажем, кинофильм, в любом случае целесообразно проектировать систему учебных задач, решение которых должно обеспечить овладение требуемыми знаниями и умениями, способствовать умственному и, шире, личностному развитию учащихся. Это дает основание говорить о задачном подходе не только к исследованию, но и к построению процесса обучения.

Мы не будем здесь излагать принципы построения систем учебных задач (см. [144, с. 112—114]). Подчеркнем лишь, что указанные системы должны строиться в соответствии с установленной ранее иерархической системой целей обучения, обеспечивая вклад в достижение и тех из них, которые находятся на верхних ступенях иерархии (см. выше § 6.1).

Использование положений теории задач позволяет при разработке систем учебных задач уточнять их структуру, устанавливать их качественные и количественные характеристики.

Задачный подход к построению процесса обучения был реализован, например, в разработке М. В. Рычика [195], уже описанной кратко в § 6.2. Напомним, что она была посвящена конструированию учебного текста (рассказа учителя) *по* курсу природоведения на основе построения иерархической системы познавательных задач. Цели обучения предусматривали здесь не только усвоение знаний, заданных программой курса, но и пропедевтику формирования естественнонаучных понятий и основ материалистического мировоззрения, развитие у школьников способности к самостоятельному целеполаганию и к применению в разнообразных жизненных ситуациях приобретаемых в школе знаний и умений.

При построении упомянутой системы задач использовались теоретические положения, описывающие структуру познавательных задач. Например, сюжет «Разрушение скальной гряды в результате процессов выветривания» был подразделен на сюжеты подзадач, описывавших соответственно процессы) разрушения окал, затем получившихся из них валунов, затем щебня и т. д. Каждая такая подзадача '(кроме последней) по классификации, приведенной Б § 4.5, представляла собой задачу использования.] имеющегося состояния: вначале достаточно полно] описано толъко исходное природное тело ('Например, скалы в первой подзадаче), а природные воздействия на него и результат его разрушения требуют раскрытия. Последнюю же подзадачу можно считать задачей преобразования, ибо здесь заранее известной конечное состояние — глина (общий вопрос задачи, решению которой посвящен весь рассказ: «Где можно.] накопать глины?»). При этом последняя подзадачам могла выступать в разных вариантах (различавшихся описаниями начального состояния преобразуемого^ объекта), поскольку переход к ней мог осуществлять! ся на разных этапах решения общей задачи.

Другим примером применения задачного подхода может служить исследование [21], посвященное разработке многоуровневых обучающих программ по курсу технической механики для техникумов. Синтез,] новой схемы знания, в которой воплощается целост-1 ное понимание изучаемого явления или закономерности, проектировался здесь как результат решения сравнительно крупной познавательной задачи, включающей в качестве подзадач задачи понимания отдельных суждений. Были разработаны оценки сложности таких .подзадач, равно как и упомянутой задачи синтеза знания, что позволило установить обоснованные характеристики различающихся по сложности уровней программы, а также критерии межуровневых переходов и на этой основе оптимизировать процесс учения.

Теперь обратим внимание на то, что проектирование систем учебных задач, удовлетворяющих заранее намеченным требованиям, с использованием npii этом положений теории задач — это только один и^ аспектов задачного подхода к построению процесса обучения. Другой аспект касается содержания обучения. Описанный в настоящей книге понятийный аппарат общей теории задач может быть использован как основа для построения систематизированных описаний задач, решению которых должны научиться обучаемые (т. е. критериальных задач). В адаптированном виде такие описания могут предоставляться в распоряжение обучаемых, либо (если это сочтено нецелесообразным, учитывая, скажем, их возраст) у них можно формировать соответствующие этим описаниям способы действий.

Проиллюстрируем реализацию этого аспекта задачного подхода на примере упоминавшейся уже в § 6.2 разработки систем заданий развивающего характера па базе сюжетных математических задач [22]. Эта разработка, ориентированная на младших школьников, предусматривала, в частности, формирование у них понятий о задаче (математической) и ее основных компонентах. Чтобы учителя начальных классов могли осуществлять такое формирование, прежде всего необходимо было «вооружить» их сводкой основных научных сведений о структуре и свойствах задач. Ниже приводится составленный в рамках данной разработки вариант такой сводки, построенный путем адаптации положений теории задач, содержащихся в главах 2 и 4 настоящей книги.

1. В любой задаче имеется трудность, которую нужно преодолеть. В математической задаче — это наличие неизвестных характеристик определенных объектов. Об этих характеристиках мы не всё знаем из того, что нас интересует. Об известных характеристиках мы, напротив, знаем всё, что нам нужно.

2. Текст любой задачи состоит из условия и требования. Форма представления этих компонентов может быть • разной. Так, например, требование математической задачи может выражаться как вопросительным предложением, так и повествовательным с глаголом в повелительном наклонении. Вопросительное предложение, которым чаще всего завершается текст задачи, может,, кроме требования, содержать в себе и часть условия.

3. Условие задачи — это описание ситуации особого типа. В условии математической задачи описывается ситуация, в которой неизвестна какая-либо характеристика (или характеристики) того или иного объекта (или .объектов).

4. Требование математической задачи состоит в том, чтобы описать с необходимой полнотой так называемые искомые характеристики, т. е. все или некоторые неизвестные характеристики. Для этого следует использовать связи между известными и неизвестными характеристиками.

5. Количество известных и неизвестных характеристик в задаче может быть самым различным.

6. Решить задачу — это значит выполнить ее требование.

В общем случае в ходе решения можно и не использовать не которые из имеющихся в условии задачи сведений, в том числе некоторые из числовых данных. Пользоваться надо только теми данными, которые необходимы для выполнения требования задачи. Если имеющихся в условии задачи данных недостаточно для его выполнения, то задачу нельзя решить без необходимого дополнения данных.

7, Составить задачу в данной ситуации—это означает сформулировать определенное требование и выделить условия его выполнения.

Учащимся начальных классов эта сводка сведений в таком виде не сообщалась, но в соответствии с пей было разработано несколько систем заданий, с помощью которых каждый учащийся в ходе индивидуальной работы мот выделить ряд существенных признаков понятий о задаче и ее компонентах. Осуществленные учащимися обобщения проверялись и корректировались на уроках в ходе коллективного обсуждения.

Применялись, в частности, задания, предусматривавшие: решение задач, где неизвестные описаны в косвенной форме; анализ и решение (иосле необходимого дополнения, если такое требуется) задач с недостатком или избытком данных; конструирование задачи из условия и требования (для выражения которых использовались разные логико-грамматические конструкции); составление задач по рисункам. В заданиях последней группы для наглядного представления неизвестной характеристики как такой, о которой «мы не всё знаем, что нас интересует», применялся такой прием: изображались, например, стоящие за деревьями автомобили, количество которых непосредственно подсчитать невозможно, а можно только вычислить, исходя из имеющихся в задаче известных характеристик.

•Опыт применения этих систем заданий подтвердил их доступность учащимся начальных классов и полезность работы с ними для успешного овладения математическими знаниями и развития мышления школьников.

Упомянем еще, что оба рассмотренных выше аспекта заданного подхода нашли применение в комплексной разработке, осуществленной коллективом сотрудников НИИ психологии УССР и Института кибернетики Академии наук УССР и посвященной обучению пользователей ЭВМ-непрофессионалов решению задач обработки данных. Создание с опорой па общую теорию задач прикладной теории задач этого класса; выделение системы средств их решения и ее воплощение частично в специально разработанном языке программирования и математическом обеспечении ЭВМ, а частично в содержании обучения; наконец, построение в соответствии с избранными принципами[1] системы учебных задач и ее воплощение в программированном пособии [186]—все это обеспечило значительное ускорение подготовки пользователей и повышение эффективности решения ими важных для народного хозяйства задач. Ныне на тех же основах разрабатываются пособия по решению задач с помощью компьютеров, предназначаемые для учащихся профтехучилищ.

Заключение

Подводя общий итог содержанию книги, можно констатировать, что средства теории задач приносят пользу в работе, направленной на совершенствование понятийного **аппарата** педагогики и психологии, на построение систем обучающих воздействий и на формирование у учащихся более адекватных представлений об изучаемых ими задачах.

Наиболее актуальные направления дальнейшей разработки психолого-педагогичеоких аспектов теории задач, на наш взгляд, таковы.

Это, во-первых, соотнесение положений теории задач с концепциями, сложившимися в рампах частных методик, без чего невозможно широкое применение указанных положений в целях совершенствования средств и процесса обучения различным предметам.

Во-вторых, следует использовать эти положения (по мере необходимости дорабатывая их, в том числе в направлении дополнительной операционализации) в работе по компьютеризации обучения. Эффект их применения здесь должен быть, по-видимому, наибольшим.

В-третьих, результаты исследования задач и про-

[1] **Они охарактеризованы в предисловии** к пособию **[186].**

цессов их решения, специфичных для совместного,; функционирования двух {или большего числа) решателей (см. работы [76; 135; и др.]), должны активна использоваться как в целях той же компьютеризации, так и в связи с построением групповых форм учебной работы, обучением .подлинно коллективной, деятельности, что приобретает важное значение & поисках путей обновления школы.

Специальное внимание следует уделить изучению» и совершенствованию систем задач, решаемых учащимися в процессе трудового обучения и производительното труда.

. Наконец, необходимо углубленное изучение задачной структуры функционирования личности, в том* числе анализ решения ею задач организации соб3ственного поведения и взаимодействия с другими людьми. Прогресс в разработке этой проблематики сделает возможным продуктивное приложение задачных представлений к сфере воспитания[1].

Завершить книгу нам хочется комментарием методологического характера.

Опиcьшая понятия теории задач, мы стремились охарактеризовать каждое из них и отношения между ними возможно более четко. Получилась как бы сеть, составленная из отдифференцированных друг от друга, «дизъюнктивных» (в терминологии А. В. Брушлинского [43]) понятий. В этой связи возникает вопрос о том, подходит ли такая понятийная сеть для апис амия характерных для человеческой деятельности «.недизъюнктивных» .процессов, стадии которых «непрерывно как бы проникают друг в друга, сливаются, генетически переходят одна в другую* и т. д.» [там же, с. 33].

[1] Заслуживает внимания следующая мысль писателя Фазиля Искандера: «Ум и мудрость. Ум — это когда мы самым лучшим образом решаем ту или' иную жизненную задачу. Мудрость, обязательно сопрягает разрешение данной жизненной задачи с другими жизненными задачами, находящимися с этой задаче!: в обозримой связи. Поэтому мудрость часто пренебрегает самым лучшим решением данной задачи ради чувства справедливости по отношению к другим задачам. Умное решение может быть и безнравственным. Мудрое—не может быть безнравственным» [96]^ Вспомним также характеристику мудрости С. Л. Рубинштейном как умения «не только изыскать средства для решения случайно всплывших задач, но и определить самые задачи и цель жизни так, чтобы по-настоящему знать, куда в жизни идти и зачем...» [191, с. 682].

Мы считаем -возможным ответить на этот вопрос положительно, с той оговоркой, что «дизъюнктивные» понятия выступают в данном случае !как средства анализа изменчивых и -противоречивых реальных объектов, как своего рода вехи, упорядочивающие мышление о них, а не как жесткие «полочки», разложить по которым такие объекты чаще всего не удается.

Конкретизируя последний тезис, можно выдвинуть следующие требования. Во-первых, как уже указывалось во введении, используемая (понятийная сеть должна быть достаточно густой. Во-вторых, следует использовать разные варианты соотнесения «дизъюнктивных» понятий с одними и теми же реальными объектами, выделяя тем самым различные стороны их сущности.

Читатель .мог убедиться в том, что в этой книге предприняты настойчивые усилия по реализации первого из выделенных здесь требований. Что касается второго, то желательно проследить на конкретном примере, как осуществляется подобное соотнесение. С этой щелью обсудим такой вопрос: можно ли описать любой .процесс обучения как решение учителем некоторой системы .коммуникативных задач (см. § 4.3)?

На первый взгляд ответ должен быть положительным. В самом деле, вначале ученик владеет недостаточно полной информацией о том или ином объекте, а учитель —достаточно 'полной. Но затем он с помощью [последней достигает -необходимого пополнения информации, которой владеет ученик.

Такой ответ может быть; однако, оспорен на том основании, что в качестве источника учебной информации отнюдь не всегда выступает учитель. Это позволяет утверждать, что коммуникативные задачи решаются учителем не во всех ситуациях обучения.

Столкнувшись с таким возражением, сторонник тезиса о «коммуникативном характере обучения» может уточнить свою позицию, указав, что в качестве решателя коммуникативных задач выступает учитель, «вооруженный» различными средствами обучения (учебниками, наглядными пособиями и пр.), которые могут служить непосредственными источниками информации для учеников.

Но и это уточнение не спасает положения. Достаточно сослаться на тот случай, когда старшеклассник или студент обращается, выполняя задание преподавателя, (*к* дополнительной литературе, в том числе, возможно, и незнакомой преподавателю.

Казалось .бы, вывод ясен: обучение может быть описано как решение коммуникативных задач очень часто, но не всегда. Тем не менее нельзя признать окончательным и этот вывод, поскольку есть возможность «соотнести деятельность преподавания с коллективным субъектом» [114, с. 132].

Итак, ,мы убедились в том, что .понятие теории задач (в данном случае — «коммуникативная задача»), обладая вполне определенным содержанием, может быть самым разным образом соотнесено с реальными ситуациями обучения. В ходе такого .многократного соотнесения вскрываются всё новые стороны изучаемой реальности, что способствует ее более глубокому познанию.

Наряду с этим некоторому реальному объекту могут быть поставлены в соответствие разные понятия теории задач. Вспомним хотя бы пример, приводившийся в § 4.5. «Одну и ту же» решаемую учеником задачу на нахождение корней квадратного уравнения оказалось целесообразным относить к разным видам трехкомлонентных познавательных задач в зависимости от того, .владеет ли ученик общим методом решения квадратных уравнений. Добавим к этому теперь, что если ученик только овладевает таким методом, то альтернативные представления, взятые из теории задач, являются как бы гранями, между которыми находится развивающийся объект — реально решаемая задача.

Проведенное обсуждение, как нам кажется, подтверждает целесообразность использования четких («дизъюнктивных») понятий теории задач как средств анализа противоречивых, «живых» процессов, в том числе процесса обучения.

Впрочем, здесь .следует говорить не только об анализе, но и о синтезе, построении обучения. Квалифицированное использование средств теории задач, учитывающее неоднозначность .их соотношений с компонентами «живого» .педагогического лроцесса, не несет в себе угрозы его «засушивания», а, напротив, позволяет достигнуть в нем большего разнообразия и расширить его развивающие возможности.

Литература

1. *Маркс К-, Энгельс Ф.* Соч. 2-е изд. Т. 3, 23, 46.
2. *Ленин В. И.* Поли. собр. соч. Т. 37.
3. Материалы XXVII съезда Коммунистической партии Советского Союза. М., 1986.
4. О реформе общеобразовательной и профессиональной школы. М., 1984.

4а. О ходе перестройки средней и высшей школы и задачах партии по ее осуществлению: Постановление Пленума Центрального Комитета КПСС от 18 февраля 1988 г.//Коммунист. 1988. № 4.

5. *Абульханова-Славская К- А.* Деятельность и психология личности. М-, 1980.

6- *Аганисьян В. М.* Развитие творческого мышления студентов-педагогов//Вопросы психологии. 1982. № 6.

7. *Александров Г. И.* К проблеме соотношения алгоритмических и эвристических процессов при обучении решению задач//Науковедение, прогнозирование и информатика. Вып. L Киев, 1970.
8. *Альтшуллер Г. С.* Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач. Новосибирск, 1986.
9. *Андриевская В. В.* Влияние регламентированного общения учащихся на их деятельность по анализу сюжетных изображений // Учебный материал и учебные ситуации / Под ред. Г. С. Костюка, Г. А. Балла. Киев, 1986.
10. *Антоновский М. Я.* Простота восприятия— важнейшая часть понятия наглядности//Математика в школе. 1971. № 4.
11. *Асмолов А. Г.* Деятельность и установка. М., 1979.
12. *Бабанский Ю. К.* Оптимизация учебно-воспитательного-процесса. М„ 1982.
13. *Балк М. Б., Петров В. А.* О математизации задач, возникающих на практике//Математика в школе. 1986. № 3.
14. *Балл Г. О.* Перспективи вдоскопалення лопчноГ шдготовки школяров//Радянська школа. 1972. № 9.
15. *Балл Г. А.* Система понятий для описания объектов приложения интеллекта//Кибернетика. 1979. № 2.
16. *Балл Г, А-, Довяялло А. М.* К уточнению понятия задачи//Науковедение, прогнозирование и информатика. Вып. 2. Киев, 1970.
17. *Балл Г. А., Довгялло А. М., Злочевская Л. А., Иванченко Б- Г., Машбиц Е. И.* Исследование обучающих программ с различным размером шага // Программированное обучение. Вып. 4—5. Киев, 1969.
18. *Балл Г. А., Довгялло А. М., Машбиц Е. И.* Теоретический анализ обучающих программ: Сообщение I//Новые исследования в педагогических науках. 1965. Вып. IV.
19. *Балл Г. А., Маргулис Е, Д., Рыбалка В. В., Чмут Т. К-, Самойлов А. Е.* Исследования процесса постановки задачи и их педагогическое значение//Программированное обучение. Вып. 20. Киев, 1983.
20. *Балл Г. А., Рычик М. В.* Учебный материал и его пси-

дологическая структура // Учебный материал и учебные ситуа- *
'Ции/Под ред. Г. С. Костюка, Г. А. Балла. Киев, 1986.

21. *Балл Г. А., Таранов Л. Н.* Многоуровневые обучающие программы как средство оптимизации процесса понимания учебного материала//Программированное. обучение. Вып. " !3 Киев, 1976.

21а. *Балл Г. О., Таранов Л. М.* Особисп'сний шдхщ до визначепя щлей вихования та шляхiв Тх досягнення // Психоцш-Пя. Вип. 32. КиГв, 1989..

22. *Балл Г.* Д., *Чмут Т.* Д'. Разработка заданий развивающего характера на базе сюжетных математических задач//Учебный материал и учебные ситуации / Под ред. Г. С. Костюка, Г. А. Балла. Киев, 1986.

22а. *Батищев Г.* Воспитание в общении//Учительская газета. 1988. 31 марта.

23. *Беликов Б. С.* Решение задач по физике: Общие методы. •М, 1986.

24. *Бернштейн И. А.* Физиология движений и физиология активности. М., 1966.

25. *Беспалько В. П.* Программированное обучение (дидактические основы). М., 1970.

26. *Беспалько И. И.* Доступность учебного материала // Советская педагогика. 1987. № 5.

27. *Беспалько Л. В.* Использование поэлементного анализа трудовых умений для совершенствования обучения труду//Школа и производство. 1983. № 3.

28. *Бим И. Л.* Подход к проблеме упражнений с позиций иерархии целей и задач // Иностранные языки в школе. 1985. № 5.Л

29. *Бирюков Б. В.* Кибернетика и методология пауки. М., 1974.

30. *Богданов Н. И.* Основы теории задачников//Проблемы . высшей школы. Вып. 38. Киев, 1979.

31. *Богоявленская Д. Б.* Интеллектуальная активность как I проблема творчества. Ростов-на-Дону, 1983.

32. *Богоявленский Д. Н., Менчинская Н. А.* Психология усвоения знаний в школе. М., 1959.

33. *Болтянский В. Г.* Формула наглядности — изоморфизм плюс простота//Советская педагогика. 1970. № 5.

34. *Болтянский В. Г.* Аналогия — общность аксиомати- *i* тси // Советская педагогика. 1975. № 1.

35. *Болтянский В. Г.* Функции учебного оборудования и организация поиска решения задачи//Советская педагогика. 1975.: № 10.

36. *Бондаренко* С. *М.* Анализ психологических факторов трудности учебных заданий (обзор отечественной литературы) // Психологические проблемы построения школьных учебников / Под ред. Г. Г. Граник. М., 1978.

37. *Боно Э. де.* Рождение новой идеи. М., 1976.

38. *Бор И.* Атомная физика и человеческое познание. М., 1961.

39. *Брадис В. М.* Методика преподавания математики в •средней школе. М, 1954.

40. *Брудный А. А.* Понимание как компонент психологии чтения // Проблемы социологии и психологии чтения / Ред.-сост, Э. Г. Храстещшй. М., 1975.

41. *Брудный А. А., трейдер Ю. А.* Коммуникация и интеллект // Генетические и социальные проблемы интеллектуальной деятельности / Под ред. М. М. Муканова. Алма-Ата, 1975-

42. *Брушлинский А. В.* Психология мышления и кибернетика. М, 1970.

43. *Брушлинский А. В.* Мышление и прогнозирование. М„ 1979.

44. *Васильев И. А., Поплужный В. Л., Тихомиров О. К-* Эмоции и мышление. М., 1980.

45. *Веселова Т. С.* Художественно-творческая деятельность учащихся в процессе изучения сказки//Литература *ч* школе. 1984. № 3.

46. *Вельтнер.* Информационно-психологический подход в педагогике // Зарубежная радиоэлектроника. 1968. № 12.

47. *Венда В. Ф.* Многовариантность процессов решения и концепция инженерно-психологического проектирования // Инженерная психология. М., 1977.

48. *Войтко В, И., Балл Г. А.* Категория модели и ее роль в педагогических исследованиях // Программированное обучение. Вып. 15. Киев, 1978.

49. *Воробьев Г. В.* Проблема методов исследования в педагогике//Советская педагогика. 1980. № 6.

50. *Выготский Л. С.* Собр. соч.: В 6 т. Т. 2. М., 1982.

51. *Гальперин П.* Я- Психология мышления и учение о поэтапном формировании умственных действий // Исследования мышления в советской психологии / Под ред. Е. В. Шороховой. М., 1966.

52. *Гальперин П.* Я- К теории программированного обучения. М„ 1967.

53. *Гальперин П. Я.* Введение в психологию. М., 1976.

54. *Гергей Т., Машбиц Е. И.* К характеристике модели решения учебных задач//Вопросы психологии. 1973. № 6.

55. *Гергей Т., Машбиц Е. И.* Место задачи в деятельности//Теория задач и способов их решения. Киев, 1973.

56. *Гершунский Б. С.* О статусе ведущих дидактических понятий//Советская педагогика. 1981. № 7.

57. *Гилфорд Дж.* Три стороны интеллекта // Психология мышления. М., 1965.

58. *Гильбух Ю. 3.* Стандартизованная методика оценивания и тренировки интеллектуальных способностей учащихся // Программированное обучение. Вып. 12. Киев, 1975.

59. *Пльбух Ю. 3., Ричик М. В.* Актуальш психолопчщ питапня застосування проблемного навчання // Радянська школа. 1974. № 8.

60. *Глушков В. М., Брановицкий В. И., Довгялло А. М., Рабинович 3. Л., Стогний А. А.* Человек и вычислительная техника. Киев, 1971.

61. *Годер Г. И.* Образное задание в V классе//Преподавание истории в школе. 1984. № 6.

62. *Гончаров И. Ф.* Совершенствовать содержание литературного образования//Советская педагогика. 1985. № 3.

63. *Гохват Б. А.* Формирование у учащихся общих методов построения алгоритмов преобразования: Автореф. канд. дне. М„ 1970.

64. *Гродська И. В.* До питания про особливосп навчальних щзнавальних задач//Психолопя. Вип. 4. КНIВ, 1967.

65. *Груденов Я. И.* Психологическое обоснование целесооб-

разности широкого использования задач, не имеющих решений // Новые исследования в педагогических науках. 1964. Вып. II.

66. *Груденов Я. И.* Психолого-дидактические основы методики обучения математике. М., 1987.

67. *Гурова Л. Л.* Психологический анализ решения задач. Воронеж, 1976.

68. *Давыдов В. В.* О двух основных путях развития мышления школьников//Материалы IV Всесоюзного съезда Общества психологов. Тбилиси, 1971.

69. *Давыдов В. В.* Виды обобщения в обучении. М., 1972.

70. *Давыдов В. В.* Проблемы развивающего обучения. М., 1986.

71. *Данилов М. А.* Процесс обучения//Дидактика средней школы/Под ред. М. А. Данилова, М. Н. Скаткина. М., 1975.

72. *Дзюбенко О. Г.* Обучение учащихся постановке орфографической цели // Русский язык в школе, 1984. № 6.

73. *Дакке Р.* Гравитация и Вселенная. М., 1972.

74. *Дмитриев С. В.* Исходные положения моделирования структуры целей двигательных действий спортсмена // Теория и практика физической культуры. 1984. № 6.

75. *Доблаев Л. П.* Смысловая структура учебного текста и проблемы его понимания. М., 1982.

76. *Довгялло А. М.* Диалог пользователя и ЭВМ. Киев, 1981.

77. *Доналдсон М.* Мыслительная деятельность детей. М., 1985.

78. *Дорофеев Г.* В. Проверка решения текстовых задач//Математика в школе. 1974. № 5.

79. *Дрейфус X.* Чего не могут вычислительные машины. М., 1978.

80. *Дункер К.* Психология продуктивного (творческого) мышления//Психология мышления: Сб. переводов / Под ред. А. М. Матюшкина. М., 1965.

81. *Журавлев И. К.* Система познавательных задач по учебному предмету//Советская педагогика. 1981. № 9.

82. *Заботин В. В.* О развитии проблемного видения у школьников // Советская педагогика. 1971. № 2.

83. *Забродин Ю. М., Фришман Е. З., Шляхтин Г. С.* Особенности решения сенсорных задач человеком. М., 1981.

84. *Загвязинский В. И.* Измерение уровня проблемности в обучении //Объективные характеристики, критерии, оценки и измерения педагогических явлений и процессов / Под ред. А. М. Арсеньева, М. А. Данилова. М., 1973.

85. *Загвязинский В. И.* О движущих силах учебного процесса //Советская педагогика. 1973. № 6.

86. *Загвязинский В. И.* Методология и методика дидактического исследования. М., 1982.

87. *Зак А. З.* О теоретическом способе решения задач у младших школьников // Новые исследования в психологии. 1979. № 1.

88. *Зарипов Р. X.* Структура музыкального образа и частотный словарь интонаций // Категории, принципы и методы психологии. Психические процессы. Ч. 2: Тезисы к VI Всесоюзному съезду Общества психологов СССР. М., 1983.

89. *Зимняя И. А.* Психология оптимизации обучения иностранному языку в школе // Иностранные языки в школе. 1986. № 4.

90. *Зинченко В. П., Леонова А. В., Стрелков Ю. К.* Психометрика утомления. М., 1977.

91. *Зорина Л. Я.* Влияние фактора времени на реализацию процесса обучения // Новые исследования в педагогических науках, 1986. № 2.

92. *Зыкова В. И.* Очерки психологии усвоения начальных геометрических знаний. М., 1955.

93. *Ибн-Сина.* Избр. философ, произв. М., 1980.

93а. *Иваницкая Г. М.* Учить общению: (О проблемах дальнейшего совершенствования методики развития речи школьников) // Русский язык и литература в средних учебных заведениях УССР. 1986. № 4.

94. *Иваницына Е. П.* Рациональный и нерациональный способы мышления // Вопросы психологии. 1965. № 3.

95. *Ильницкая И. А.* Проблемные ситуации и пути их создания на уроке. М., 1985.

96. *Искандер Ф.* О движении к добру и технологии глупости // Литературная газета. 1986. 30 июля.

97. *Кандарацкова И. М., Суходольский Г. В.* Об эффективности и надежности элементарных вычислительных операций // Экспериментальная и прикладная психология/Учен. зап. ЛГУ: Серия психол. Т. I. Л., 1968.

98. *Капица П. Л.* Эксперимент, теория, практика. М., 1974.

99. *Каплан Б. С, Рузин Н. К., Столяр А. А.* Методы обучения математике. Минск, 1981.

100. *Кикоин И. К.* Философские идеи Ленина и развитие современной физики//Наука и жизнь. 1970. № 2.

101. *Клейман Я. Ы.* Решение задач различными способами // Математика в школе. 1987. № 6.

102. *Клике Ф.* Понятие информации и теория информации в психологии, границы и возможности//Психологический журнал. 1980. Т. 1. № 4.

103. *Колесников М., Потапов М.* О вступительных экзаменах в физико-математическую школу-интернат при МГУ//Наука и жизнь. 1969. № 1.

104. *Колпаков А. А.* Элементы алгоритмизации при обучении учащихся VI и VII классов//Физика в школе. 1981. № 3.

105. *Колягин Ю. М.* Функции задач в обучении математике и развитии мышления школьников//Советская педагогика. 1974. № 6.

106. *Колягин Ю. М.* Задачи в обучении математике. Ч. I—II. М., 1977.

107. *Кондаков Н. И.* Логический словарь-справочник. М., 1975.

108. *Коршунов А. М.* Теория отражения и творчество. М., 1971.

109. *Костюк Г. С.* Навчання і психічний розвиток учнів // Психологічна наука, вчитель, учень / За ред. В. І. Войтка. Київ, 1979.

110. *Костюк Г. С.* Избр. психол. труды. М., 1988.

111. *Костюк. Г. С, Балл Г. А.* Категория задачи и ее значение для психолого-педагогических исследований // Вопросы психологии. 1977. № 3.

312. *Костюк Г. С, Балл Г. А., Машбиц Е. И.* О задачном-подходе к исследованию учебной деятельности//Психология человеческого учения и решение проблем: 2-я Пражская конференция: Резюме. Прага, 1973.
113. *Краевский В. В.* Дидактика как теория образования и обучения//Дидактика средней школы. М., 1982.
114. *Краевский В. В., Лернер И. Я.* Процесс обучения и его-закономерности//Дидактика средней школы. М., 1982.
11.5. *Кудрявцев Т. В.* Психология технического мышления. М., 1975.
116. *Кузина Е, В-* К вопросу о роли негативных характеристик знания в развитии науки // Методология развития научного-знания/Под ред. А. А. Старченко, Д. Шульце. М., 1982.
117. *Кулюткин 10. Н.* Творческое мышление в профессиональной деятельности учителя//Вопросы психологии. 1986. № 2_3
118. *Ледли Р. С.* Программирование и использование цифрозых вычислительных машин. М., 1966.
119. *Лем Ст.* Сумма технологии. М., 1968.
120. *Леонов В. П.* Некоторые аспекты проблемы информативности//Научно-техническая информация. Серия 2. 1972. № 3,.
121. *Леонтьев А. И.* Автоматизация и человек//Психологические исследования. Вып. 2. М., 1970.
122. *Лернер И. Я-* Факторы сложности познавательных задач//Новые исследования в педагогических науках. 1970. № 1.
123. *Лернер И. Я.* Проблемное обучение. М., 1974.
124. *Лимантов Ф. С.* О природе вопроса. // Вопрос. Мнение. Человек//Учен. зап. ЛГПИ им. А. И. Герцена. Т. 497. Л., 1971.
125. *Линней К.* Виды растений. (Предисловие) //Жизнь-науки: Антология вступлений к классике естествознания / Сост.- - С. П. Капица. М, 1973.
126. *Лисина М. И.* Изучение общения с окружающими людьми у детей раннего и дошкольного возраста//Советская педагогика. 1980. № 1.
127. *Логинова Н, А.* Жизненный путь личности как проблема психологии//Вопросы психологии. 1985. № 1.
128. *Ломов Б. Ф.* О путях построения теории инженерной-психологии на основе системного подхода // Инженерная психология. М., 1977.
129. *Лотман 10. М.* Структура художественного текста. М„ 1970.
130. *Лучков В. В.* Обучение психомоторным навыкам // Вопросы психологии. 1970. № 4.
131. *Мазур М.* Качественная теория информации. М., 1974.
132. *Макаренко А. С,* Соч.: В 7 т. Т. V. М., 1958.
133. *Маланюк* F. *П., Маланюк М, П.* О формировании логической грамотности школьников//Советская педагогика. 1979. № 7.
134. *Мансуров Н. С.* Зависимость решения от формулировки и оформления задачи // Процесс мышления и закономерности" анализа, синтеза и обобщения / Под ред. С. Л. Рубинштейна. М., 1960.
135. *Маргулис Е. Д.* Психологические особенности групповой деятельности//Новые исследования в психологии. 1981. № 1.
136. *Марков А. А.* Теория алгорифмов. М., 1954.
137. *Маркова А. К.* Доступность учебного материала как один из факторов снижения перегрузки школьников // Вопросы: психологии. 1982. № 1.
138. *Матюшкин А. М.* Проблемные ситуации в мышлении и обучении. М., 1972.
139. *Махмутов М. И.* Проблемное обучение. М., 1975.
140. *Мацковский М. С.* К вопросу о количественном измерении трудности печатного материала//Материалы III Всесоюзного симпозиума по психолингвистике. М.. 1970.
141. *Машбиц Е. И.* Зависимость усвоения учащимися способа решения математических задач от метода обучения: Автореф. канд. дис. М., 1965.
142. *Машбиц Е. И.* Психологический анализ учебной задачи//Советская педагогика. 1973. № 2.
143. *Машбиц Е. И.* Компьютеризация обучения: проблемы и перспективы. М., 1986.
144. *Машбиц Е. И.* Психологические основы управления учебной деятельностью. Киев, 1987.
145. *Менчинская Н. А.* Задачи в обучении // Педагогическая энциклопедия. Т. 2. М., 1965.
145а. Методика обновления: Отчет о третьей встрече педагогов-экспериментаторов в Москве //Учительская газета. 1988. 19 марта.
146. Методы системного педагогического исследования / Под ред. Н. В. Кузьминой. Л., 1980.
147. *Микк Я- А.* Оптимизация сложности учебного текста. М„ 1981.
148. *Мильман* В. *Э.* Алгоритмический анализ перцептивных действий//Вопросы психологии. 1968. № 5.
149. Моделирование педагогических ситуаций//Под ред. Ю. Н. Кулюткина, Г. С. Сухобской. М., 1981.
150. *Моляко В. А.* Психология решения школьниками творческих задач. Киев, 1983.
151. *Монтень М.* Опыты: В 3 кн. Кн. 3. М., 1979.
152. *Мюллер И.* Эвристические методы в инженерных разработках. М., 1984.
153. *Мягкова А. Н., Бровкина Е. Т., Резникова В. 3.* Некоторые пути нормализации учебной нагрузки учащихся//Биология в школе. 1984. № 1.
154. *Найссер* У. Познание и реальность. М., 1981.
155". *Невельский П. Б.* Объем памяти и количество информации//Проблемы инженерной психологии. Вып. 3. Л., 1965.
156. *Несмеянов А. Н.* Знать — это значит победить//Наука и молодежь. М., 1960.
157. *Нешков К.* Я., *Семушин А. Д.* Функции задач в обучении //Математика в школе. 1971. № 3.
158. *Нильсон N.* Искусственный интеллект. М., 1973.
159. *Норман Д.* Память и мышление // Зрительные образы: феноменология и эксперимент / Ред-сост. Г. Л. Демосфенова. Ч. III. Душанбе, 1973.
160. Образование: единая политика // Правда. 1988. 16 марта.
161. Обсуждаем «Обязательные результаты обучения»//Математика в школе. 1986. № 2.
162 Обязательные результаты обучения //Математика в школе. 1985. № 2—4.
163. *Островский А. И.* Что означает «решить задачу»?//Математика в школе. 1962. № 2.

164. *Панчешникова Л. М.* Опора на дидактику в методических исследованиях//Советская педагогика. 1986. № 5.
165. *Парачев А. М.* Организация поведения // Программированное обучение и обучающие машины. Вып. 1. Киев, 1969.
166. *Персльман И.* В классе рояля. Л., 1975.
167. Перестройку школы — па уровень современных требований: Тезисы Министерства просвещения СССР // Учительская газета. 1987. 14 июля.
168. *Пинский А. А., Шахова Л. С.* Развитие вычислительных умений учащихся // Советская педагогика, 1981. № 7.
169. *Писарева Т. В., Писарев В. Е.* Что такое проблемное обучение? (Терминологический аспект) //Советская педагогика. 1982. № 4.
170. *Подольский А. И.* Планомерное формирование умственной деятельности в практике профессионального обучения // Вопросы психологии. 1985. № 5.
171. *Пойа Д.* Как решать задачу. М„ 196!.
172. *Пойа Д.* Математическое открытие. М., 1970.
173. *Пойа Д.* Математика **и** правдоподобные рассуждения. М., 1975.
174. Познавательные задачи в обучении гуманитарным наукам/Под ред. И. Я- Лернера. М„ 1972.
175. *Пономарев Я- А.* Психология творческого мышления. М., 1960.
176. *Пономарев Я- А.* Психология творчества. М., 1976.
177. Программы средней общеобразовательной школы. Химия. М., 1986.
1 /8. *Прокол1енко Л. М.* Психолопя засвоення граматичных знань шдлiшшми. Ки1й, 1973.
179. *Проскура О. В.* Особливосп мислепня учшв у проueci розв'язування конструктивно-техщчних задач // Початкова школа. 1980. М П ,
180. Психологические механизмы преобразования / Под ред. О. К. Тихомирова. М., 1977.
181. *Пудалов И. Г.* Исследование проблем измерения дидактического объема учебного материала: Лвтореф. канд. дис. Мд 1979.
182. *Пушкин В. И.* Психология мышления и принципы эвристического программирования // Вопросы психологии. 1967. № 6.
183. *Рейксаар Т.* О сложности н эффективности текстов учебников немецкого языка для средней школы // Советская педагогика и школа. Вып. XIV. Тарту, 1981.
184. *Рейтман* У. *Р.* Познание и мышление. М„ 1968.
185. *Репкин В. В., Дорохина В. Т.* Процесс принятия задания в учебной деятельности //Теория задач и способов их решения. Киев, 1973.
186. Решение задач обработки данных с помощью ЭВМ / Под ред. В. М. Глушкова и др. Киев, 1978.
187. *Рогов А. Т.* Моделирование параметров действия. Сообщение I. Форма действия и мера развернутости его//Новые исследования в психологии. 1973. № 1.
188. *Розенберг П. М.* Оценка рациональности учебных алгоритмов распознавания // Программированное обучение и обучающие машины. Вып. 1. Киев, 1966.
189. *Розенберг Н. М.* Дидактические приложения метода

предсказания при оценке энтропии письменного текста//Науковедение, прогнозирование и информатика. Вып. 1. Киев, 1970.
190. *Ронжин О. В-* Информационные методы исследования эргатических систем. М., 1976.
191. *Рубинштейн С. Л.* Основы-общей психологии. М., 1946.
192. *Рубинштейн С- Л.* О мышлении и путях его исследования. М., 1958.
193. *Рубинштейн С. Л.* Проблемы общей психологии. М., 1973.
194. *Рычик М. В.* Методическое воплощение учебного материала и построение учебных ситуаций // Учебный материал и учебные ситуации / Под ред. Г. С. Костюка, Г. А. Балла. Киев, 1986.
195. *Рычик М. В,* От наглядных образов к научным **по-ня**тиям. Киев, 1987.
196. *Салмина П. Г.* Виды и функции материализации в обучении. М., 1981.
197. *Самойлов А. Е.* Проявления привычной активности субъекта при оценке им ситуаций различной сложности // Новые исследования в психологии. 1982. № 1.
198. *Сергеев К- А., Соколов А. И.* Логический анализ форм научного поиска. Л., 1986.
199. *Середа Г. К-* Что такое память? //Психологический журнал. 1985. Т. 6. № 6.
200. *Сирый Е. И.* Величина дозы информации и шаге программированного пособия разветвленного типа // Программированное обучение. Выи. 12. Киев, 1975.
201. *Скалкова Я-* От теории к практике обучения в средней общеобразовательной школе. М., 1983.
202. *Слэйгл Дж.* Искусственный интеллект. М., 1973.
203. *Соболев С. Л.* Судить по конечному результату//Математика в школе. 1984. № 1.
204. *Соколов А. П.* Графическое сопоставление логически предполагаемого и фактического хода решения задач // Вопросы психологии. 1961. № 6.
205. *Соколова Л. Г.* О формировании у студентов **физиче*** ского факультета умения обучать учащихся решению задач.// Современные психолого-педа готические проблемы высшей школы. Вып. I. Л., 1973.
206. *Сохор А. М,* Логическая структура учебного материала. М., 1974.
207. *Спирин Л. Ф-, Сгепинский М. А., Фрумкин М. Л.* Осно«ы педагогического анализа. Ярославль, 1985.
208. *Сухомлинский В. А.* Избр. пед. соч. Т. 2. М., 1980.
209. *Талызина И. Ф.* Управление процессом усвоения знаний. М„ 1975.
210. *Талызина П. Ф.* Деятельностный лодход к построению модели специалиста//Вестник высшей школы. 1986. № 3.
211. *Таранов Л. Н.* К характеристике уровней усвоения учебного материала // Программированное обучение. Вып. 15. Киев, 1978.
212. *Тахтаджяи. А. Л.* Текстология; история и проблемы//Системные исследования': Ежегодник. 1971. М., 1972.
213. Теоретические основы содержания общего среднего образования/Под ред. В. В. Краевского, И. Я. Лернера. М., 1983.
214. *Теплое Б- М.* Избр. труды. Т. I. М., 1985.

215. *Тихомиров О. К., Терехов В. А.* Значение и смысл в. процессе решения мыслительной задачи // Вопросы психологии, 1969. № 4.
216. *Тода М., Шуфорд Э. К. (мл.)* Логика систем: введение в формальную теорию структуры // Исследования по общей теории систем: Сб. переводов. М., 1969.
217. *Томашевский Т.* О необходимости и перспективах теории сообщений//Вопросы психологии. 1969. №,4.
218. *Турбовской Я- С.* Парадоксы воспитания. М., 1984.
219. *Уёмов А. И.* Предмет // Философская энциклопедия. Т. 4. М., .1974.
220. *h'coea А. В., Бобров А. А.* Формирование у учащихся учебных умений. М., 1987.
221. *Фридман Л. М.* Построение и оптимизация алгоритмов, распознавания отношения принадлежности // Программированное обучение и обучающие машины. Вып. 1. Киев, 1966.
222. *Фридман Л. М.* Дидактические основы применения задач в обучении: Автореф. докт. дне. М., 1971.
223. *Фридман Л. М.* Логико-психологический анализ школьных учебных задач. М.,-1977.
224. *Фридман Л. М.* Психолого-педагогические основы обучения математике в школе. М„ 1983.
225. *Фридман Л.* At, *Волков К. Н.* Психологическая наука — учителю. М-, 1985.
226. *Цетлин В. С.* Доступность и трудность в обучении, М, 1984.
227. *Чада Б.* Развивать алгоритмическую культуру учащихся // Математика в школе. 1983. № 2.
228. *Чёрч А.* Введение в математическую логику. Т. I. М., I960.
229. *Четверухин И. Ф.* Методы геометрических построений. М., 1952.
230. *Чмут Т. К-* Постановка младшими школьниками мыслительных задач в практических ситуациях // Психологические проблемы процесса обучения младших школьников / Под ред. Л. М. Фридмана. М., 1978.
231. *Чуканцов С. М.* О задачах на реализованные ситуации с ложными данными//Математика в школе. 1977. № 2.
232. *Шапиро С. И.* От алгоритмов — к суждениям. М., 1973..
233. *Шапоринский С. А.* Обучение и научное познание. М., 1981.
234. *Шатуновский С. О.* Геометрические задачи и их решение с помощью циркуля и линейки: Введение // *Адлер А.* Теория! геометрических построений. Л., 1940.
235. *Шишкин Е. А.* Использование приемов математики и физики при решении химических задач//Химия в школе. 1983. № 1.
236. *Шоломий К- М.* О различии между эвристическими и неэвристическими программами // Вопросы психологии. 1969. № 3.
237. *Шоломий К. М,* Политомический алгоритм умственных пействий распознавания//Программированное обучение. Вып. 10. Киев, 1973.
238. *Шоломий К. М.* Использование времени выполнения тренировочных заданий для оценки процесса формирования навыка//Новые исследования в психологии. 1975. № 1.
239. *Шрейдер Ю. А.* Присущ ли машине разум?//Вопросы философии. 1975. № 2.

240. *Щедровицкий Г. П.* О принципах анализа объективной -структуры мыслительной деятельности на основе понятий содержательно-генетической логики//Вопросы психологии. 1964. № 2.
241. *Щедровицкий Г. П.* Исследование мышления детей на -материале решения арифметических задач // Развитие познавательных и волевых процессов у дошкольников / Под ред. А. В. Запорожца, Я. 3. Неверович. М„ 1965.
242. *Эйнштейн А.* Физика и реальность. М., 1965.
243. *Эльконин Д. Б.* Психологические вопросы формирования учебной деятельности в младшем школьном возрасте // Вопросы психологии обучения и воспитания / Под ред. Г. С. Костюка, П. Р. Чаматы. Киев, 1961.
244. *Эльконин Д. Б.* Психология обучения младшего школьника. М., 1974.
244а. *Эрдниев Б. П.* Против неопределенности программных требований //Математика в школе. 1987. № 6.
245. *Эрдниев П. М., Эрдниев Б. П.* Укрупнение дидактических •единиц в обучении математике. М., 1986.
246. *Эсаулов А. Ф.* Проблемы решения задач в науке и технике. Л., 1979.
247. *Ющенко Е. Л.* Адресное программирование. Киев, 1968.
248. *Яновская С. А.* Предисловие // *Карнап Р.* Значение и необходимость. М., 1959.
249. *Ausubel D. P., Robinson F. G.* School Learning: An In•troduetion to Educational Psychology. London, 197L
250. *Berlyne D. E.* Structure and Direction in Thinking. New York, 1965.
251. *Bono E. de.* The 5 Day Course in Thinking. Harmondsworth, 1982.
252. Cognitive and Affective Learning Strategics/ Ed. by •H. F. O'Neil and Ch. D. Spielberger. New.York, 1979.
253. *Dorner D.* Theoretical advances of cognitive psychology relevant to instruction//Cognitive Psychology and Instruction/ 'Ed. by A. M. Lesgold and T. W. Pellegrino. New York, 1978.
254. *Entwlstle N. I-* Styles of Learning and Teaching. Chi•chester, 1981.
255. *Freyberg P. S.* Teacher intentions and teacher decisions// Educational Theory. 1980. Vol. 30. N 1.
256. *Guitford I. P.* Cognitive styles: what are they?//Educational and Psychological Measurement. 1980. Vol. 40. N 3.
257. *Hamblin p.* Teaching Study Skills. Oxford, J981.
258. *Kozielecki I.* Zagadnienia psychologii myslenia. Warszawa, 1968.
259. *Lukaszewski W.* Osobowosć: Struktura i funkeje regu"lacyjne. Warszawa, 1974.
260. *Ombredane A., Faverge J.-M.* L'analyse du travail. Paris, 1955.
261. *Rescher N.* Aspects of action//The Logic of Decision :and Action/Ed. by N. Rescher. Pittsburgh, 1967.
262. *Rogers C, R,* Freedom to Learn. Columbus (Ohio), 1969.
263. *Strauss M.* Prolegomena zu einer dynamischen Problem-Iheorie // Rostocker Philosophische Manuskripte. 1970. Heft 7.
264. *Suppes P., Groen G.* Some counting models for first-grade performance data on simple addition facts // Research in Mathematics Education / Ed. T. M. Scandura. Washington, 1967.
265. *Tomaszewski T.* Wstep do psychologii. Warszawa, 1963.

Указатель основных понятий

В указателе приводятся номера параграфов, где дастся определение или наиболее полная характеристика соответствующего понятия.

Содержание

Содержание

Образование
Педагогические
науки
Дидактика

Оформление серии
художника
Б. А. Шляпугина

Монография

Георгий Алексеевич
Балл

Теория учебных задач: Психолого-педагогический аспект

Зав. редакцией
Э. П. АБЕЛЦЕВА
Редактор
В. Г. ИОФФЕ
Художественный редактор
Е. В. ГАВРИЛИН
Технические редакторы
Л. А. ЗОТОВА, С. Н. ЖДАНОВА
Корректор
А. И. СОРНЕВА

ИБ № 1342

Сдано в набор 17.03.89. Подписано в печать 30.10.89. Формат 84x108'/з2. Бумага кн.-журн. Печать высокая. Гарнитура литературная. Усл. печ. л. 9,66. Уч-изд. л. 10,47. Усл. кр.-отт. 9,87. Тираж 14 000 экз. Зак. № 89. Цена 70 коп.
Издательство «Педагогика» Академии педагогических наук СССР и Государственного комитета СССР по печати
107847, Москва, Лефортовский пер., 8
ПП «Чертановская типография» Мосгорпечать
113545, Москва, Варшавское ш., 129а.