

Основы когнитивного обучения физике

Бершадский Михаил Евгеньевич — профессор Академии повышения квалификации и переподготовки работников образования, кандидат педагогических наук

Я убежден, что педагогика... есть психология помощи умственному развитию ребенка...
Дж. Брунер

Искушенный в педагогических дискуссиях читатель лишь усмехнется, прочитав название статьи, и сразу же язвительно спросит: «А что, по мнению автора, означает слово «научить» применительно к любому школьному предмету? Какого ученика можно назвать наученным? В чем выражается это научение?» Вероятно, эти извечные вопросы всегда будут обсуждаться (как это уже было на протяжении многих веков). Однозначного ответа на них нет, поэтому будем исходить из допущения, что такой глобальной целью образования является передача следующим поколениям определенных способов мышления об окружающем мире, которые позволят им продолжить процесс его познания, сохранить и приумножить достижения человечества. Это верно для всех школьных дисциплин (в какой-то мере наличие определенного качественно отличающегося способа мышления об определенных аспектах действительности можно рассматривать как критерий для обоснования необходимости включения дисциплины в число школьных предметов). Это верно и для физики, которая сыграла решающую роль в становлении общенаучного метода познания и в понимании его сущности. Какова же основная цель обучения физике? Присвоение учащимися (на определенных уровнях, зависящих от профиля обучения) физического способа мышления. Тогда научить ученика физике — значит сделать достоянием его индивидуального сознания физический способ мышления, обучить применять его для объяснения и предсказания явлений природы.

Такое понимание основной цели обучения созвучно некоторым когнитивным психологическим теориям личности, рассматривающим когнитивные (познавательные) процессы как основные черты, характеризующие деятельность человека. Одним из наиболее ярких и самобытных ученых, представляющих это направление психологии, во многом определившим современные исследования в области когнитивной психологии, был Джордж Келли, разработавший теорию личностных конструктов (*Келли Дж.*, 2000). В этой теории поведение каждого человек рассматривается как аналог исследования ученого, наблюдающего какие-то явления природы или социальной жизни и использующего известные ему когнитивные методы для сбора и оценки данных. Как и ученые, человек формулирует гипотезы и проверяет, подтверждаются они или нет, применяя те же психические процессы, что и ученый в ходе научного поиска: «Человек судит о своем мире с помощью понятийных систем или моделей, которые он создает и затем пытается приспособить к объективной действительности. Это приспособление не всегда является удачным. Все же без таких систем мир будет представлять собой нечто настолько недифференцированное и гомогенное, что человек не сможет осмыслить его». (*Kelly*, 1955, р. 8–9). Для Келли наука представляет образец методов и процедур, с помощью которых процесс познания происходит наиболее эффективным образом. «Цель науки — предсказать, изменить и понять события, то есть основная цель ученого — уменьшить неопределенность. Но не только ученые — все люди имеют такие цели. Мы все заинтересованы в предвидении будущего и построении планов, основанных на ожидаемых результатах» — так описывают исходные положения теории Келли авторы фундаментального труда по теории личности Л. Хьелл и Д. Зиглер (2001, с. 436). Из этой теории прямо следует, что основной задачей школы является обучение учащихся научному методу.

Еще более определенно об обучении как присвоении способа мышления неоднократно заявлял Дж. Брунер (1977, С. 389–390): «Изучаемую дисциплину можно рассматривать как определенный способ мышления о соответствующих явлениях. ... В любой дисциплине нет ничего более существенного, чем присущий ей способ мышления. В ее изложении самое

важное — представить ребенку как можно более раннюю возможность усвоить нужный способ мышления...»

Итак, основная цель обучения физике — присвоение учениками физического способа мышления — связана с формированием эффективных когнитивных схем получения, обработки и применения информации, соответствующих научному методу познания. Поэтому модель обучения физике, направленного на достижение данной задачи, естественно назвать *теорией когнитивного обучения физике*.

Каковы ее основные черты?

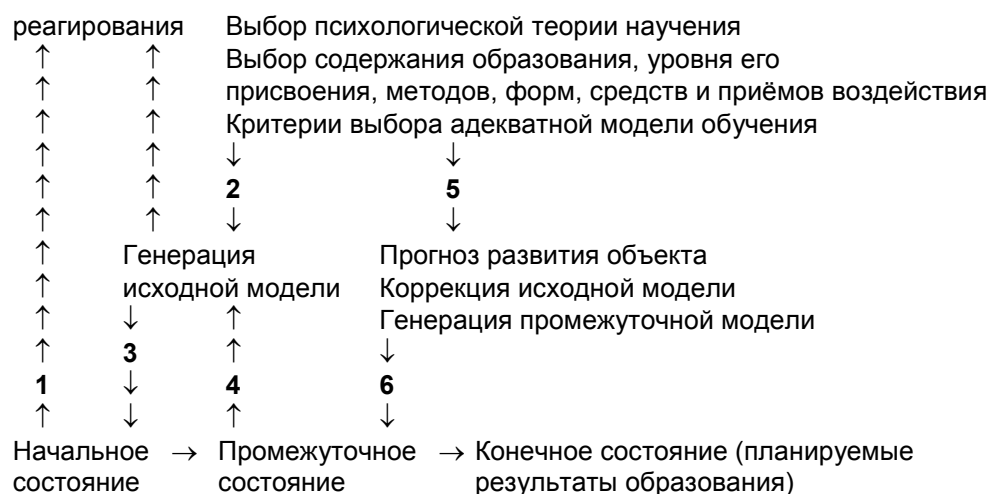
История педагогических исканий с удивительным постоянством возвращает нас к противоборству двух точек зрения на исходные принципы организации учебного процесса. Отбрасывая частности и нюансы различных подходов, фундаментальное противоречие можно свести к противопоставлению идей обучения как свободного спонтанного саморазвития личности благодаря внутренним движущим силам и управления процессами формирования и развития личности в ходе специально организованного процесса обучения. Первая идея всегда восторженно воспринималась представителями художественной интеллигенции и рассматривалась ими как вершина гуманистического отношения к ребенку. Вторая с удивительным постоянством применяется человечеством на протяжении тысячелетий в практике преподавания подавляющего большинства учебных заведений (вероятно, человечеством движет инстинкт самосохранения и выживания рода и оно не может позволить себе руководствоваться утопическими фантазиями в столь важном деле). В настоящее время современное образование превратилось в массовое производство по адаптации подрастающего поколения к социальному окружению постиндустриального общества. Практика массового промышленного производства показала, что оно может быть эффективным и гарантировать получение определенных запланированных результатов только при использовании технологического подхода к организации производственных процессов. Кустарное производство прошлых веков тоже знало производственные технологии (вспомните, например, секреты изготовления великолепных музыкальных инструментов Страдивари и Амати или производства дамасской стали). Но эти великолепные достижения были рождены методом проб и ошибок и не основывались на теории строения вещества. Процессы же, лежащие в основе современных технологий, имеют теоретическое происхождение. Не является исключением и система образования как массовое производство социально адаптированных поколений. Достижение целей образования, в том числе и цели присвоения научного метода познания, возможно только на основе технологического подхода к организации учебного процесса (иначе педагогика так и останется уделом кустарей-одиночек, среди них иногда рождаются свои Страдивари, но подавляющее большинство будет всегда обречено изготавливать весьма посредственные поделки). Причем современная технология учебного процесса (я предпочитаю использовать именно этот термин вместо более привычных понятий «образовательная» или «педагогическая» технологии, так как они, на мой взгляд, могут быть применены для описания технологических подходов к любым процессам в различных подсистемах системы образования) должна иметь теоретическое происхождение, т. е. являться следствием неких теоретических принципов, выражающих закономерности процесса научения. В дальнейшем под технологией учебного процесса будет пониматься модель этого процесса (или реальный процесс, построенный на ее основе) в форме специально организованной, структурированной деятельности с известным операционным составом, направленной на достижение операционально и диагностично поставленных целей. Одним из теоретических принципов, на которых эта данная модель, являются положения кибернетического подхода к управлению сложными динамическими системами, которые применительно к управлению познавательной деятельностью учащихся сформулировала ещё Н.Ф. Талызина в 1975 году.

Изобразим модель технологического учебного процесса, соответствующую требованиям кибернетического подхода (см. рис. 1).

Рис. 1

Управляющая система

Система Генератор моделей обучения



Каковы этапы моделирования учебного процесса. В рассматриваемой модели конечное состояние учащегося задано в виде системы планируемых результатов образования, которые выражены в форме однозначно верифицируемых действий, производимых учеником в ответ на предъявление ему определенных стимулов. Правильное выполнение запланированного действия свидетельствует о достижении учеником заданной цели. Учебный процесс представляет собой последовательное приближение учащегося к заданному состоянию в процессе специально организованной учителем познавательной деятельности.

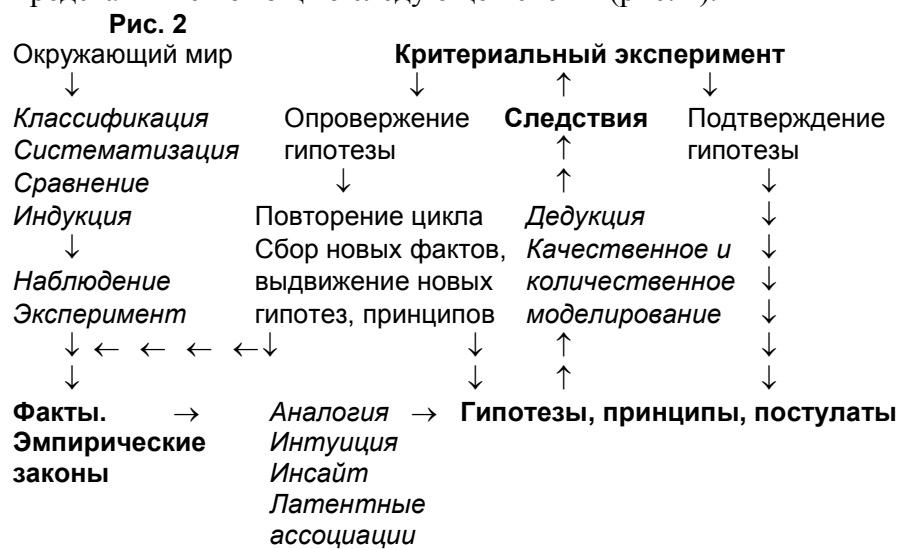
Для конструирования конкретной модели обучения (построения системы методов, форм, средств и приемов) необходимо получить информацию о тех параметрах исходного состояния ученика, которые необходимы для выбора адекватных средств воздействия (особенности внимания, памяти, уровень интеллекта, общенаучные, физические и житейские понятия и семантические структуры, математические знания и умения и т. д.). И только на основании полученной информации (цифра 1 на рис. 1) учитель может сконструировать определенную модель учебного процесса, представляющую собой систему видов деятельности участников учебного процесса со специально сконструированным содержанием. Исходной основой для построения модели является выбранная психологическая теория научения. Среди российских учителей наиболее известны теория деятельности А.Н. Леонтьева, зонная теория Л.С. Выготского и теория поэтапного формирования умственных действий П.Я. Гальперина. Однако очень часто знакомство с этими теориями оказывается весьма поверхностным, что не позволяет применять их для реального проектирования учебного процесса. В большинстве же случаев учителя вообще не считают необходимым опираться на какую-либо психологическую теорию, планируя уроки интуитивно на основе личного опыта и имеющихся методических разработок.

Сконструировав модель (цифра 2 на рис. 1), учитель реализует ее в конкретном учебном процессе (цифра 3). Это приводит к тому, что учащиеся переходят в некоторое промежуточное состояние, характеризующееся множеством параметров (информация усвоена на уровне узнавания, воспроизведения или понимания, ученик умеет применять отдельные операции в определенных ситуациях, а также использует действия в ситуации первичного усвоения или переносит их в измененные ситуации и т. д.). Очевидно, что дальнейшие управляющие воздействия должны проектироваться с учетом достигнутого учеником уровня научения, поэтому генератор моделей обучения (учитель) работает в ждущем режиме и приступает к конструированию дальнейшего учебного процесса только после получения обратной информации о существенных для достижения цели параметрах состояния учащихся (цифра 4). Получив информацию, учитель отбирает и структурирует содержание обучения, определяет виды деятельности, которые с точки зрения выбранной психологической теории научения позволят исправить обнаруженные при диагностике недостатки и вызовут запланированные изменения состояния учащегося (цифра 5). Вновь сконструированная модель реализуется в учебном процессе (цифра 6), вызывая переход учащихся в новое промежуточное состояние, кото-

рое изучается с помощью средств диагностики. Таким образом, мы получаем циклический процесс непрерывной модификации модели обучения (содержания, методов, форм, средств, приемов, видов деятельности) на основе систематической диагностики изменения существенных для достижения целей параметров состояния учащихся. В результате можно наблюдать постепенное приближение состояния ученика к запланированному, поэтому в основе описанного выше технологического подхода лежит метод последовательных приближений. Альтернативой ему является столь навязчиво рекламируемый в последнее время метод погружения учащихся в специально сконструированную учебную среду. При этом существует отличная от нуля вероятность изменения состояния учащегося в желаемом направлении. О том, что существует значительно отличная от нуля вероятность движения в обратном направлении, авторы метода обычно скромно умалчивают. О моем отношении к данному методу я уже неоднократно высказывался ранее (см., например, *Бершадский М.Е.*, 2002), поэтому не буду вновь повторять аргументы в защиту технологического подхода.

Перейдем к более подробному описанию модели когнитивного научения физике. Процесс проектирования начинается с определения цели обучения. А ей, как мы уже говорили, является присвоение учащимися научного метода познания. Уточню, что в данной работе под научным понимается метод познания, присущий естественнонаучному знанию, т.е. гипотетико-дедуктивный метод познания (именно в этом смысле понимает научный метод Дж. Келли, рассматривая человека как ученого, выдвигающего гипотезы). Как и любая другая глобальная цель образования, данная задача не может быть непосредственно диагностирована, поэтому конкретизируем эту цель.

Научный метод познания представляет собой определенным образом структурированную деятельность по исследованию окружающего мира: «Метод познания можно определить как некоторую специфическую процедуру, состоящую из последовательности определенных действий или операций, применение которых приводит либо к достижению поставленной цели, либо приближает ней» (*Рузавин Г.И.*, 1997, С. 6–7). Структуру научного метода можно представить с помощью следующей схемы (рис. 2).



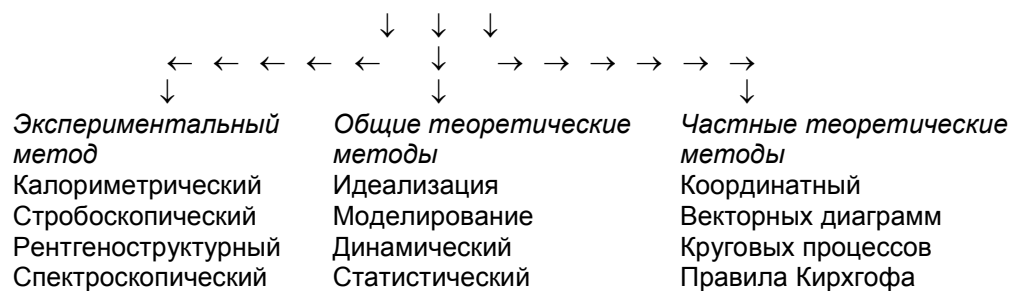
Для читателя, далекого от естественнонаучного знания и проблем философии научного познания, приведем краткую характеристику этой схемы. Процесс познания начинается с исследования определенной предметной области материального мира. В результате сравнения, классификации, анализа, обобщения данных наблюдений и экспериментов происходит накопление научно установленных фактов (обнаружение явлений и условий их протекания, введение количественных характеристик явлений и процессов — физических величин, исследование зависимостей между физическими величинами — эмпирических законов). Но эмпирический уровень познания не дает ответа на вопрос о причинах протекания явлений, не позволяет понять сущность наблюдаемого. Поэтому ученый, пользуясь внелогическими инструментами (аналогией, интуицией, случайными ассоциациями), выдвигает гипотезы, с по-

мощью которых можно объяснить все множество известных в данной предметной области фактов. Однако этого мало. Хорошая гипотеза должна обладать эвристической силой, т.е. на ее основе с помощью математического моделирования и дедукции можно вывести некие следствия, еще не известные науке. Эти следствия должны быть принципиально верифицируемыми экспериментальным путем. Если эксперименты подтверждают выводы, то это косвенным образом свидетельствует в пользу гипотезы (но не делает ее логически достоверной, она остается вероятностным заключением). В противном случае гипотеза фальсифицируется, поэтому она подлежит модификации или замене.

Какие можно сделать выводы, имеющие прямое отношение к учебному процессу? Во-первых, для того чтобы учащиеся в процессе обучения могли присвоить научный метод познания, физику надо изучать на теоретическом уровне. Следствием применения научного метода является не только определенная последовательность процесса познания, но и структурированность его результата. В физическом знании можно выделить эмпирическое основание (факты), ядро (гипотезы, принципы, постулаты), следствия и критериальные эксперименты. Поэтому содержанием обучения должны стать физические теории, причем построенные на основе содержательной модели, включающей основание (в отличие от классической двухкомпонентной гипотетико-дедуктивной схемы). Во-вторых, научный метод представляет собой синтетическую деятельность, состоящую из множества отдельных методов. Очевидно, что в его основе лежит синтез экспериментального (на стадиях накопления фактов и верификации следствий) и теоретического (на стадиях формирования ядра теории и дедукции следствий) методов. В свою очередь каждый из этих методов не является однородным и включает множество отдельных методов разной степени общности. Названия некоторых из них приведены на рисунке 3. Общенаучный метод реализуется на определенном предметном содержании только через определенные конкретные методы. Поэтому предметом усвоения должны быть именно частные методы, через которые и познается общенаучный метод познания. Наблюдая демонстрационный эксперимент или выполняя лабораторную работу, ученик изучает вполне конкретный экспериментальный метод. Но любой частный опыт всегда включает операции и действия, свойственные экспериментальному методу познания в целом, поэтому, изучая частное, можно осваивать целое. Достигается ли подобное освоение автоматически при любой организации деятельности ученика? На этот вопрос можно дать только отрицательный ответ. Чаще всего на уроках учителя используют «проблемный» метод проведения демонстрации. Например, учитель подвешивает к динамометру калориметрическое тело и спрашивает детей, как изменятся показания динамометра, если тело опустить в жидкость. Дети должны выдвинуть гипотезы, а учитель, видя живейшую заинтересованность учеников, весьма доволен собой, считая, что ему удалось активизировать познавательную деятельность детей и способствовать развитию творческого мышления. На самом же деле, если вслушаться в хор детских голосов, то можно услышать три предположения (показания увеличатся, уменьшатся или не изменятся), причем ни один ученик не может обосновать свою гипотезу и выдвигает ее чисто интуитивно. Подтверждение или опровержение гипотезы имеет такое же отношение к развитию творческого мышления, как и попытки угадать какой стороной упадет монетка при ее подбрасывании. И никому не приходит в голову спросить учителя, почему ему вдруг захотелось опустить тело в жидкость, и почему нужно было подвешивать тело к динамометру, и почему был выбран именно динамометр данного типа и калориметрическое тело, а не что-то иное. В действительности современный ученый, готовя эксперимент, руководствуется хоть какой-нибудь гипотезой, в соответствии с которой он осуществляет математическое моделирование явления, подбор оборудования, планирует проведение опыта и анализ его результатов. В соответствии с методическими рекомендациями большинство демонстрационных установок появляются на уроках в заранее собранном виде, а лабораторные опыты выполняются по подробной инструкции. Как же дети могут догадаться, что экспериментальная деятельность имеет определенную структуру и состоит из ряда последовательно выполняемых действий?

Рис. 3

Научный метод



Аналогично усваивается и теоретический метод познания. Например, динамический метод может быть усвоен только при изучении конкретного варианта его применения в механике или электродинамике. И опять на уроках чаще всего процесс обучения применению теоретического метода сводится к подбору формул, связывающих известные величины с искомой. При этом о структуре метода, о его операционном составе и границах применимости даже не говорится.

Итак, присвоение учащимися научного метода познания может быть осуществлено только в процессе овладения частными методами. Именно на основе действий и операций, с помощью которых осуществляется любой частный метод, можно конкретизировать основную цель обучения физике. Как же должен быть построен учебный процесс, чтобы учащийся освоил физические методы? Как мы уже говорили, конструирование модели обучения должно быть основано на психологической теории научения. В современной психологии известны несколько теорий. Большинство из них основаны на признании интериоризации как фундаментального механизма возникновения умственных действий. Более детально возможные психологические механизмы интериоризации исследованы в теориях оперантного обусловливания Б.Ф. Скиннера, поэтапного формирования умственных действий П.Я. Гальперина, зонной теории Л.С. Выготского, социально-когнитивной теории А. Бандуры.

В зонной теории Л.С. Выготского решающее значение отводится содержанию обучения и роли взрослого, обучающего ребенка: «... всякая функция в культурном развитии ребенка появляется на сцену дважды, в двух планах, сперва - социальном, потом - психологическом, сперва между людьми, как категория интерпсихическая, затем внутри ребенка, как категория интрапсихическая» (*Выготский Л.С.*, 1960, с. 197–198). Обучение в зоне актуального развития не ведет к возникновению и развитию новообразований, лишь совершенствуя те интеллектуальные умения, которые уже существуют в сознании ребенка. Пользуясь терминологией У. Найссера (1998), ребенок будет применять для освоения окружающего мира одни и те же когнитивные схемы, позволяющие воспринимать и перерабатывать определенные виды информации. Другие виды содержания, для восприятия которых у ребенка нет когнитивных схем, восприниматься им не будут. Поэтому формирование новых психических функций может быть инициировано только на основе изучения нового содержания, составляющего ближайшую зону развития ребенка. Но оно не может быть освоено ребенком самостоятельно, поэтому необходимо его общение с окружающими людьми, в ходе которого ребенку демонстрируются способы действий с этим содержанием. Для Выготского обучение представляет собой присвоение способов деятельности, образцы которых демонстрируют ребенку окружающие его люди в процессе общения с ним.

Похожая точка зрения содержится в социально-когнитивной теории А. Бандуры. Читатель, конечно же, хорошо знаком с теориями Гальперина и Выготского, на которых ссылается практически каждый педагог, поэтому не будем тратить время на их очередное пересказывание. В то же время теории Скиннера и Бандуры у нас известны значительно меньше. Поэтому приведу краткое описание точек этих авторов на механизмы научения человека.

Основную идею теории Б.Ф. Скиннера можно выразить термином «управление поведением». Оно может быть достигнуто только в том случае, если обучающий контролирует все факторы, под влиянием которых формируется поведение индивида. Для управления формированием реакции на определенный стимул необходима обратная связь между организмом и средой. Эту функцию выполняет подкрепление, позволяющее производить отбор и модифи-

кацию реакции. Таким образом, с помощью подкрепления можно управлять формированием реакций на внешние воздействия, т. е. управлять поведением индивида. На этой теоретической основе была разработана техника так называемого оперантного обусловливания (поведение, которое формируется с помощью специально разработанной системы подкреплений, Скиннер назвал *оперантным*). «Оперантное поведение (вызванное оперантным научением) определяется событиями, которые следуют за реакцией. То есть за поведением идет следствие, и природа этого следствия изменяет тенденцию организма повторять данное поведение в будущем. ...Если последствия благоприятны для организма, тогда вероятность повторения операнта в будущем усиливается. Когда это происходит, говорят, что последствия подкрепляются, и оперантные реакции, полученные в результате подкрепления (в смысле высокой вероятности его появления) обусловились. ... И напротив, если последствия реакции не благоприятны и не подкреплены, тогда вероятность получить оперант уменьшается. ... негативные или аверсивные последствия ослабляют поведение, порождающее их, и усиливают поведение, устраняющее их». (Хьелл Л., Зиглер Д., 2001, С. 341–342). Очевидно, что с точки зрения Скиннера управление процессом научения сводится к контролю реакций учащегося и разработке системы подкреплений, позволяющих закреплять нужные операнты (требуемые действия, операции, способы поведения).

Сущность подхода А. Бандуры к пониманию механизмов научения лучше всего выражена его же словами: «Люди развили повышенную способность научения через наблюдение, что позволяет им расширить свои знания и навыки на основе информации, переданной путем моделирования. Действительно, в сущности, все феномены научения через прямой опыт могут появиться косвенно при наблюдении за поведением людей и его результатами». (Bandura А., 1989, р. 14–15). Возражая Скиннеру, Бандура утверждал, что подкрепление не является единственным способом, при помощи которого приобретает или модифицируется поведение. Человек может формировать когнитивный образ определенной поведенческой реакции, наблюдая поведение модели (других людей в аналогичной ситуации), а затем используя эту закодированную информацию, хранящуюся в долговременной памяти, как ориентиры в своей деятельности. Бандура предполагал, что моделирование оказывает когнитивное влияние на научение, информационное воздействие на человека. «Во время показа образца обучаемые приобретают в основном символические образы моделируемой деятельности, которая служит прототипом для соответствующего и несоответствующего поведения. ... научение через наблюдение регулируется четырьмя взаимосвязанными компонентами: внимание, сохранение, моторно-репродуктивные и мотивационные процессы». (Хьелл Л., Зиглер Д., 2001, С. 381). Содержание действий обучаемого в ходе протекания каждого из выделенных процессов представлено в следующей таблице (там же, с. 381).

Процессы внимания

Человек следит за поведением модели и точно воспринимает это поведение

Процессы сохранения

Человек помнит (долговременное сохранение) поведение модели, наблюдаемое ранее

Моторно-репродуктивные процессы

Человек переводит закодированные в символах воспоминания о поведении модели в новую форму ответа

Мотивационные процессы

Если позитивное подкрепление (внешнее, косвенное или самоподкрепление) присутствует, человек совершает моделируемое поведение

Бандура предполагает, что существуют две основные системы репрезентации поведения модели в памяти человека — образное и вербальное кодирование. Первый вид играет основную роль на ранних стадиях развития ребенка до формирования речи и при научении таким формам поведения, которые не поддаются вербальному кодированию. Вторая система состоит в вербальном кодировании наблюдаемых событий: «Наблюдая модель, человек может повторять про себя, что она делает. Эти невокализованные речевые описания (коды) позже могут внутренне повторяться без открытого выстраивания поведения; например, человек может мысленно «проговорить», что надо сделать, чтобы улучшить сложные моторные навыки». (там же, с. 383). Очевидно, что этот аспект теории Бандуры близок к одному из этапов фор-

мирования умственного действия в теории Гальперина. Против последней у меня есть несколько возражений в той ее части, которая описывает последовательность этапов формирования умственного действия. Одним из них является этап громкой речи, сопровождающей выполнение действий в материализованной форме. Однако многочисленные исследования психологов (в том числе и мои наблюдения за собственным внуком) показывают, что умственные действия и понятия образуются еще на доречевом этапе онтогенеза. По-видимому, внешняя и внутренняя речь является лишь одной из наиболее распространенных форм, в которых может происходить произвольный интеллектуальный контроль собственной деятельности (рефлексия). По моим наблюдениям у большинства учащихся с развитым пространственным интеллектом и сформированными когнитивными схемами восприятия логически упорядоченной информации процесс формирования физических понятий и умственных действий с физическим содержанием происходит в форме инсайта (мгновенного усмотрения существенных связей) и не нуждается в этапах речевого сопровождения.

Каждая из описанных выше теорий имеет весьма обширное экспериментальное обоснование. Множественность точек зрения, вероятно, указывает на то, что ни одна из них не является исчерпывающей. Таким образом, в качестве психологической основы для моделирования учебного процесса, рассматриваемого как когнитивное научение, примем точку зрения на обучение как на формирование внутренних репрезентаций (прототипов деятельности) в процессе наблюдения и изучения поведения модели. Тогда моделирование определенных видов станет центром учебного процесса. Если целью процесса является присвоение научного метода, то учитель должен моделировать и показывать образцы деятельности по его применению. Если научный метод состоит в последовательном выполнении определенных операций и действий, то учитель и должен их моделировать на уроке, раскрывая структуру деятельности, последовательность выполнения действий, их содержание и назначение.

А теперь я хочу сформулировать несколько лозунгов, которые, на мой взгляд, составляют ядро когнитивного научения и помогут учителю в его практической работе. Не совершайте логических скачков, обосновывайте каждый шаг в развитии материала, показывайте необходимость его совершения, предъявляйте и анализируйте аргументы, которые заставили вас совершить этот шаг и именно так, как это было сделано. Всегда помните, что многие интеллектуальные операции и действия, необходимые для анализа физической информации, вы совершаете интуитивно на подсознательном уровне только потому, что в вашем индивидуальном сознании они уже давно прошли этап интериоризации и превратились во внутренние неосознаваемые процессы. Однако в мышлении ребенка эти операции могут отсутствовать и он даже не догадывается об их существовании. Поэтому, если вы в ходе учебного процесса (при изложении нового материала, при объяснении метода решения задач, при выполнении эксперимента и т. д.) не предъявите интеллектуальные операции в явном виде, не объясните ребенку их сущность, правила выполнения и область применения, то они не смогут стать объектом изучения для него.

Мне приходится часто выступать перед учителями физики. Анализируя беседы с ними, убеждаюсь, что даже самое подробное изложение теоретической концепции не достаточно для того, чтобы учителя смогли реализовать ее на практике.

Почему необходимо постоянное слежение за ходом процесса научения? Как показали исследования психологов-бихевиористов процесс овладения любым сложным действием можно представить в виде образования своеобразного суперрефлекса, основанного на уже имеющейся в сознании ученика системе ранее сформированных рефлексов. Вот как лаконично описал этот процесс Л.С. Выготский в предисловии к русскому переводу знаменитой книги Э. Торндайка «Принципы обучения, основанные на психологии» (Торндайк Э., 1998, с. 26), положившей начало развитию бихевиоризма: «...удалось выяснить, что новые условные связи могут быть замкнуты и образованы между любым элементом среды и любой реакцией организма. Иными словами, любое явление, любой предмет могут при известных нам условиях сделаться возбудителями любой реакции, любого движения и акта. Здесь открывается все грандиозное биологическое значение этого рода новых связей организма со средой —

условных рефлексов». Новые условные связи базируются на реакциях организма, которые определяются уже имеющимися рефлексам. Несколько иными словами эту же мысль выразил Ж. Пиаже: «... ни одна структура никогда не является радикально новой, каждая есть просто обобщение того иного действия, заимствованного из предыдущей структуры» (цит. по: *Флейвелл Дж.*, 1967, с. 118). Отсюда следует, что необходимо изучить исходное состояние ученика. Для достижения задачи присвоения учениками научного метода познания решающее значение имеет изучение интеллектуальных способностей и когнитивного опыта школьника, включающих:

- понятийные психические структуры;
- семантические пространства (сети);
- когнитивные схемы;
- архетипы сознания;
- структуру интеллекта и уровни развития его составляющих (математического, вербального, пространственного интеллекта и т.д.);
- метакогнитивный опыт (непроизвольный и произвольный контроль собственной интеллектуальной деятельности);
- интеллектуальные операции (сравнение, сериация, классификация, отождествление и различение, обобщение и т. д.) и уровень их формирования;
- способы кодирования информации (вербальный, образный, знаковый, символический);
- виды и особенности памяти (зрительная, слуховая, моторная, эмоциональная, эйдетическая, семантическая, скорость запоминания, объем кратковременного хранения, скорость забывания и т. д.);
- особенности внимания (объем внимания, устойчивость к помехам, длительность удержания произвольного внимания);
- стратегии формирования понятий (сканирование или сосредоточение), умение выделять признаки понятий;
- умение совершать индуктивные умозаключения;
- умения совершать дедуктивные умозаключения.

Я не берусь утверждать, что этот список характеристик когнитивной сферы ученика исчерпывающий. Однако сейчас, согласно экспериментальным данным, эта информация достаточно для принятия осознанных управленческих решений по выбору воздействий на ученика. В новых учебниках физики, изданных в последние годы, содержится развернутое методологическое введение, в котором описан процесс научного познания в физике, его основные этапы, вводятся понятия физической величины, закона, теории. На первый взгляд это полностью совпадает с той точкой зрения, которая изложена в этой статье. Но это только на первый взгляд. Многие авторы, описывая предмет изучения физики, используют во введении понятия волны, электромагнитного поля. Уже несколько лет я провожу исследование семантических полей учащихся, связанных с понятиями «закон», «теория», «волна», «электромагнитное поле», применяя метод свободных ассоциаций. Как и следовало ожидать понятие электромагнитного поля существовало в сознании учащихся само по себе, не вызывая никаких ассоциаций (если не принимать в расчет ассоциаций со словом «поле», не имеющих никакого отношения к исходному понятию). Ни один из участников исследования не связал понятие теории с системой понятий, структурой, принципами, объяснением и предсказанием явлений, т. е. с существенными признаками понятия. Отвечая, дети часто называли известные теории (например, теорию Дарвина). Понятие *закона* часто ассоциировалось с правом, а понятие *волна* вызывало вполне ожидаемые ассоциации с недавними летними каникулами.

Второй пример также относится к исследованию семантических полей. Попробуйте предложить учащимся исключить лишнее понятие из ряда КУРИЦА, КОШКА, ЖУРАВЛЬ, СНЕГИРЬ, ДРОЗД. Дети без всякого труда укажут не слово КОШКА, классифицируя слова по понятному категориальному признаку. Попробуйте провести этот же тест со физическими понятиями ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД, СИЛА ТОКА, НАПРЯЖЕНИЕ, УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ. Более 60% детей не в состоянии исклю-

чить не являющееся физической величиной понятие ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК.

Попросите ребенка сформировать некоторое множество понятий на основе предложенных ему фигур (рис. 4) или с помощью вопросов отгадать загаданное вами понятие и вы сможете надежно спрогнозировать отсутствие (или неизбежное присутствие) трудностей при формировании физических понятий.

Каковы этапы проектирования учебного процесса:

Отбор содержания обучения и его структурирование.

На первом этапе анализируются требования программы и учебный материал, приведенный в учебнике. В данных материалах выделяются три вида информации:

- физическая информация (описание явлений, наблюдений и экспериментов по их изучению; понятия, величины, эмпирические законы, описывающие явления; теоретические законы, гипотезы, принципы, на основе которых объясняются явления и т. д.);
- методологическая информация (структура деятельности по изучению отдельных элементов физического знания, частные и общие физические методы и их структура);
- когнитивная информация (логические операции и интеллектуальные действия, необходимые для усвоения новой информации, способы кодирования поступающей информации, последовательность ее перекодирования).

В результате осуществления первого этапа определяется логика изложения материала темы, повторяющая логику процесса научного познания. Физическая информация располагается в определенной последовательности (от наблюдения явлений, их экспериментального исследования и количественного описания до введения идеализированных моделей, выдвижения гипотез, математического или качественного моделирования, разработки следствий и их экспериментальной проверки). Для каждого шага в изучении учебного материала раскрывается структура соответствующего ему вида деятельности. Например, при введении физической величины можно рекомендовать следующую схему, отражающую последовательность действий, в которой отражено содержание метода перехода от наблюдения явлений к их количественному описанию.

Введение физической величины

1. Физическое явление, для характеристики которого вводится величина.
2. Обнаружение количественных различий в протекании явления. Обоснование необходимости введения величины
3. Определение типа вводимой величины (дифференциального типа, интегрального типа, характеристика вещества, характеристика тела, коэффициент пропорциональности в эмпирической зависимости и др.). Выбор конструкта для введения величины.
4. Вербальное определение величины.
5. Определение в математической форме.
6. Границы применимости определения.
7. Характеризуется ли величина направлением.
8. Физический смысл величины.
9. Единицы физической величины.
10. Способ измерения величины.
11. Графический смысл величины.

Данная структура конкретизируется для каждой из физических величин, изучаемых в планируемой теме. Аналогичным образом структурируется конкретное содержание для каждого элемента физического знания (явления, понятия, закона и т. д.). Особое внимание следует обратить на выделение общих и частных методов, которыми должны овладеть ученики в результате изучения темы. Например, при изучении прямолинейного равномерного движения учащиеся должны усвоить следующие частные методы:

- метод перехода от координатного к графическому способу описания движения (перекодирование информации);
- координатный метод;
- графический метод;

- метод применения правила сложения скоростей;
- совместное применение правила сложения скоростей и координатного метода.

Для каждого метода необходимо выделить операционный состав и конкретизировать его на примере учебного материала, который будет использоваться на уроке при изучении метода. Приведем пример операционного состава деятельности при применении правила сложения скоростей, структура которого раскрывается при решении задачи на нахождение скорости лодки, плывущей по течению реки (Бершадский М.Е., Бершадская Е.А., 2001, С. 94–95).

Обозначения: цифрами отмечены **действия и операции**, а значком «•» **результат выполнения действий операций**

1. Ориентировочная часть решения.

- Выбор правила сложения скоростей как метода решения задачи.

2. Выделение объектов, описанных в условии задачи.

• Лодка — тело (индекс — «л»); вода — подвижная система отсчёта (индекс — «в»); берег — неподвижная система отсчёта (индекс — «б»).

3. Выбор способа записи правила сложения скоростей.

→ → →

$$• V_{ТН} = V_{ТП} + V_{ПН}$$

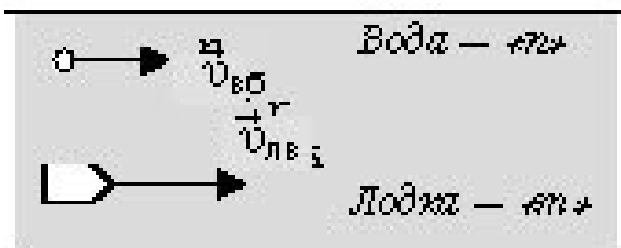
4. Запись правила сложения скоростей для данной задачи.

→ → →

$$• V_{лб} = V_{лв} + V_{вб}$$

5. Выполнение поясняющего рисунка.

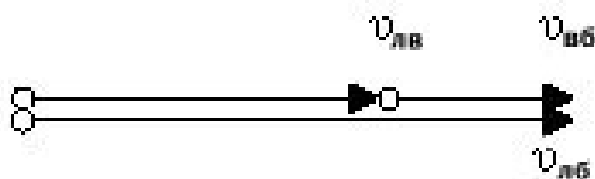
•



Берег — «н»

6. Выполнение математического действия над векторами (сложение векторов скоростей).

•



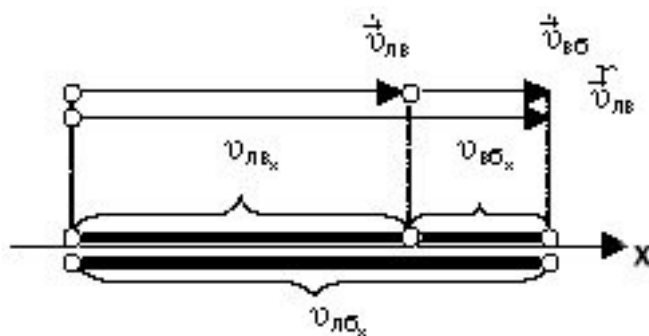
7. Выбор оси для проектирования скоростей.

•

0 —————→ x

8. Проектирование векторов скоростей на выбранную ось.

•



9. Запись правила сложения скоростей в скалярной форме.

• 0 X

$$X: v_{лб} = v_{лв} + v_{вб},$$

10. Проверка наименования искомой величины.

• $[v_{лб}] = \text{км/ч} + \text{км/ч} = \text{км/ч}$.

11. Перевод данных в СИ.

• В данной задаче не выполняется

12. Вычисление искомой величины.

• $v_{лб} = 30 + 4 = 34 \text{ (км/ч)}$.

13. Запись ответа.

• Скорость лодки относительно берега равна 34 км/ч и сонаправлена со скоростью течения реки относительно берега

Исходный материал в начале изучения темы предъявляется детям либо в форме определенного фрагмента действительности (реальные предметы, модели, демонстрационные установки, приборы и материалы для проведения лабораторных опытов), либо в форме образов реальных объектов, хранящихся в сознании учащихся и актуализирующихся в ответ на слова учителя. В дальнейшем к образному, вербальному, символическому и знаковым формам кодирования первичной информации. Эта деятельность осуществляется с помощью интеллектуальных операций и умственных действий, которые служат когнитивной основой овладения изучаемой предметной области. В большинстве случаев мы по умолчанию предполагаем, что учащиеся могут самостоятельно выполнить все действия по восприятию и перекодированию информации. Однако это далеко не так. Этой деятельности (как и любой другой) нужно специально учить, показывая последовательность действий и операций при переходе от чувственных данных к построению моделей. На рисунке 4 показаны последовательные фазы трансформации данных при изучении силы трения и определении коэффициента трения покоя. Традиционной ошибкой является непосредственный переход от данных, представленных в чувственной форме с помощью реальных объектов, к символическим и знаковым моделям. На самом же деле в этих моделях выделены существенные признаки, по которым опознается определенное явление. А значит, учащегося нужно учить выделять признаки, характеризующие явление, а также исследовать значимость различных признаков, выдвигая гипотезы и проверяя их экспериментально, формировать ориентировочную основу, позволяющую осознать необходимость введения физической величины при обнаружении количественных различий в протекании явления и определять тип вводимой величины и т. д. Какие-то из перечисленных действий и операций ученик может совершать самостоятельно, о некоторых же он не имеет ни малейшего представления. Поэтому учитель не может заранее спланировать успешность присвоения новой информации учеником, что является необходимым требованием технологического подхода. Таким образом, нужен второй этап проектирования учебного процесса — изучение начального состояния учащегося.

Рис. 4

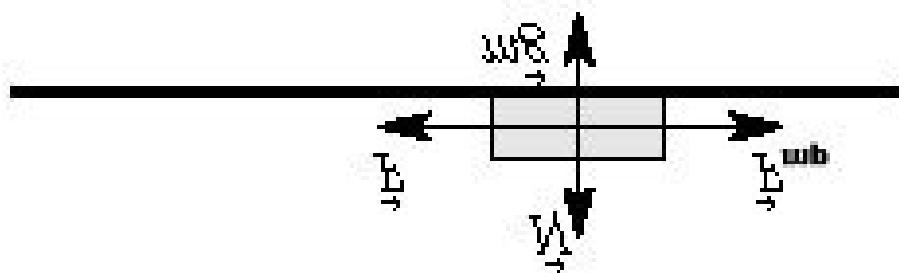
Наглядный образ



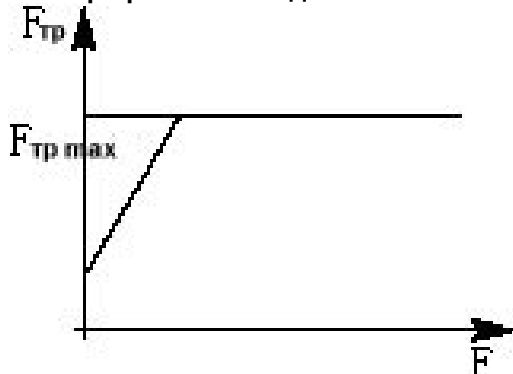
Символический образ



Символическая модель



Графическая модель



Математическая модель

$$\vec{N} + \vec{F} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} = 0$$

$$x: F - F_{\text{тр}} = 0$$

$$y: N - mg = 0$$

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \quad \mu = F/mg$$

Табличная модель

Сила трения, Н	Масса тела, кг
0,2	0,1
0,4	0,2
0,6	0,3
0,8	0,4

Данные опыта: $F_{\text{тр max}} \sim m_{\text{тела}}$

Изучение исходного состояния учащегося.

Какую информацию нужно получить о параметрах начального состоянии ученика, что-

бы можно было спроектировать обучающие воздействия? Ограничимся информацией о когнитивных процессах, так как уровень их развития задает необходимые условия присвоения научной информации. В этой области можно выделить две группы информации. К первой относятся понятийные и семантические сети житейских и научных понятий, владение общими и частными методами познания, виды кодирования информации:

- множество житейских понятий, объединенных в семантические сети, связанные с теми явлениями, понятиями и величинами, которые будут изучаться в рамках темы;
- множество научных понятий (физических и общенаучных), необходимых для восприятия новой информации на уровне ее понимания (объединение известных и новых понятий в семантические сети на основе освоенных учеником логических операций);
- виды кодирования физической информации в сознании учащегося;
- общенаучные и частные методы, которыми владеет ученик, уровень владения операционным составом деятельности по применению методов;
- множество математических понятий, операций, действий и методов, которыми владеет ученик, необходимых для построения математических моделей физических явлений и применения физических методов (любой учитель физики прекрасно знает, какие сложности возникают у учеников при трансформации выражения вида

$$v = S / t$$

особенно в тех случаях, когда числитель и знаменатель являются сложными алгебраическими выражениями, например,

$$t = (S + v_2 \Delta t) / (v_1 + v_2)$$

Кратко опишем основные способы получения выделенных выше видов информации. Наиболее оптимальным по затратам времени и трудоемкости проверки способом исследования семантических полей житейских понятий является *метод свободных ассоциаций*. Перед изучением новой темы в конце одного из уроков учитель зачитывает (проектирует на экран) понятия, значения которых его интересуют, и просит учащихся, не раздумывая, написать первые, пришедшие им в голову слова в ответ на предъявленные понятия (4–5 слов). Понятия, написанные учащимися, достаточно точно отражают круг значений тех терминов, которые интересуют учителя.

Усвоение научных понятий можно проверить с помощью стандартных приемов, известных каждому учителю. Для восприятия нового материала необходимо знание учащимися значений некоторых понятий, с помощью которых будет строиться сообщение новой информации, на уровнях узнавания и воспроизведения. Достижение учащимися первого уровня диагностируется с помощью заданий с выбором ответа (из предложенных формул выбрать ту, которая является математическим определением заданной величины, выбрать наименование величины, найти график, описывающий заданную зависимость и т. д.). Второй уровень контролируется с помощью диктанта, вопросы которого составлены так, чтобы проконтролировать усвоение учащимися тех понятий и их характеристик, знание которых необходимо для усвоения нового (сформулировать определение, указать существенные признаки, назвать и определить единицы измерения, нарисовать график, назвать прибор для измерения и указать погрешность измерения и т. д.).

Для изучения видов кодирования, которые использует ученик при хранении физической информации, можно применить задание на перекодирование информации из одной формы представления в другую. Например, по заданной математической модели явления изобразить символический образ установки для его изучения (см. рис. 4).

При диагностике усвоения общих и частных методов следует исходить из того, что содержание и операциональная структура деятельности при их применении могут быть усвоены учащимися на различных уровнях. На первом уровне ученик в состоянии выделить в предлагаемой информации признаки, указывающие на необходимость применения метода. Задания для проверки этого уровня представляют собой описания некоторых физических ситуаций, на основе которых учащийся должен выбрать определенный метод. На втором уровне учащийся способен опознать метод по предложенной структуре деятельности. Третий

уровень связан с воспроизведением признаков, по которым обнаруживается метод, последовательности и содержания действий и операций, входящих в его состав. Достижение учащимися этого уровня контролируется с помощью диктанта. Кроме этого, можно рекомендовать еще два приема. В первом случае учащимся выдается текст, содержащий описание структуры и содержания действий при применении метода, в котором сделаны пропуски на месте ключевых слов, характеризующих каждый этап. Учащиеся должны вписать недостающие слова или словосочетания. Пропущенными могут быть и описания некоторых действий и учащиеся должны вписать их содержание. При применении второго приема в тексте для учащихся изменен случайным образом порядок совершения действий и они должны его восстановить. Эти приемы менее трудоемки для учителя на стадии проверки работ учащихся, но требуют предварительной подготовки материалов. На четвертом уровне учащийся способен применить метод в стандартной ситуации, соответствующей ситуации первичного усвоения, пользуясь инструкцией, в которой указаны содержание и последовательность выполнения действий. Достижение уровня контролируется в процессе решения задач, выполнения фронтальных лабораторных опытов, работе с учебником или другими учебными материалами по изучению новой информации. Для контроля этого уровня требуются специально разработанные дидактические материалы для учащихся, содержащие задания и инструкции по их выполнению. Приведу фрагмент примера одного из заданий для учащихся по контролю усвоения экспериментального метода, взятый из рабочей тетради (Хижнякова Л.С., Бершадский М.Е. и др., 2000).

Структура экспериментальной деятельности

Учимся измерять физические величины

Экспериментальное задание. Измерить ускорение свободного падения.

Приборы и материалы: металлический шарик, коробочка с песком, измерительная лента, механический или электронный секундомер.

1) Внимательно прочитайте перечень приборов и материалов. Какой метод определения ускорения свободного падения — кинематический или динамический — можно применить с использованием данных приборов? _____

2) Сформулируйте и запишите гипотезу, лежащую в основе проведения опыта _____

3) Определите условия, которые необходимо выполнить, чтобы определить ускорение свободного падения наиболее точно. _____

4) Разработайте математическую модель эксперимента

- покажите на рисунке ось координат ОУ для описания движения шарика, падающего с высоты h и начало отсчета;

- запишите основное уравнение координаты для равноускоренного движения тела, происходящего с ускорением свободного падения: $y =$ _____;

- запишите основное уравнение координаты для выбранной системы координат с учетом значений начальной и конечной координат тела и того, что начальная скорость тела равна нулю: $h =$ _____;

- решите полученное уравнение относительно ускорения свободного падения: $g =$ _____.

5) Выполните проверку наименования в полученной формуле. $[g]_{СИ} =$ _____.

6) Какие величины необходимо измерить для вычисления ускорения свободного падения? _____

На пятом уровне учащиеся способны применить метод в стандартной ситуации, соответствующей ситуации первичного усвоения, без инструкции. Задания для контроля данного уровня состоят из текстов задач, экспериментальных заданий, текстов учебника, хрестоматии, других учебных материалов, включая те, которые могут быть получены через ресурсы сети Интернет.

Шестая стадия в усвоении метода предполагает выход ученика на уровень самостоя-

тельного его применения в измененной ситуации. Задания для контроля также состоят из различных текстов (как и для предыдущего уровня), но для их выполнения ученик должен перенести действия и применить их в изменившихся условиях.

Соответствующая информация об уровнях овладения учащимися методами познания, которые нужны для усвоения новой информации, была получена учителем ранее при изучении предыдущих тем курса физики. Поэтому перед изучением новой темы достаточно актуализировать в сознании учащихся информацию о содержании и структуре метода, проведя диктант (с предварительным уведомлением о его проведении).

Ко *второй* группе относится информация о когнитивных параметрах.

Одним из наиболее важных для понимания и присвоения учащимися новой информации является процесс восприятия новых понятий и установления их связей с уже изученными понятиями. Какими методами, логическими приемами и операциями пользуется ученик для решения этой задачи? Для исследования связей между понятиями и тех интеллектуальных операций, которые использует ребенок для их установления, можно рекомендовать несколько психологических методик. Одна из них называется *методикой исключения лишнего*. Попробуйте предложить учащимся исключить лишнее понятие из ряда КУРИЦА, КОШКА, ЖУРАВЛЬ, СНЕГИРЬ, ДРОЗД. Дети без всякого труда укажут на слово КОШКА, классифицируя слова по понятному категориальному признаку.

Логика связей

Инструкция:

Первые шесть пар слов, снабженных цифрами от единицы до шести, задают определенные типы связей между понятиями. Определите аналогичные типы связей в остальных парах слов и укажите для каждой пары номер соответствующего примера, в котором задан тот же тип связи, что и для данной пары слов.

Шифр:

- I. Овца — стадо
- II. Малина — ягода
- IV. Свет — темнота
- V. Отравление — смерть

III. Море — океан

VI. Враг — неприятель

Задание:

- 1. Испуг — бегство
- 2. Месть — поджог
- 3. Физика — наука
- 4. Десять — число
- 5. Правильно — верно
- 6. Плакать — реветь
- 7. Грядка — огород
- 8. Глава — роман
- 9. Пара — два
- 10. Покой — движение
- 11. Слово — фраза
- 12. Смелость — геройство
- 13. Бодрый — вялый
- 14. Обман — недоверие
- 15. Свобода — воля
- 16. Прохлада — мороз
- 17. Страна — город
- 18. Пение — искусство
- 19. Похвала — брань

20. Тумбочка — шкаф

Очевидно, что в шифре заданы в неявном виде различные типы связей между понятиями (часть — целое, род — вид, степень, антонимы, причина — следствие и синонимы). Ученик должен их обнаружить и применить для решения задания. Методика очень информативна и дает высокие корреляции с успешностью обучения физике. Низкие результаты, полученные учеником по данному тесту, вскрывают одну из причин плохой обучаемости — ученик не в состоянии обнаружить связи между понятиями, поэтому процесс обучения для него представляет собой механическое заучивание материала. Никто не мешает учителю провести этот тест с физическими понятиями, получив информацию о том, как ученик связывает именно предметную информацию (ученики с образным типом мышления обнаруживают связи между житейскими понятиями, но не могут этого сделать для физических понятий). (Хочу предупредить читателя, заинтересовавшегося данной методикой, что в тексте цитируемой работы приведены ошибочные ответы на ряд заданий).

Третья методика также проверяет способность делать умозаключения по аналогии на основании связи между понятиями, заданными в образце. Пусть дан следующий пример:

Механика: Законы Ньютона = МКТ : ?

Газовые законы, количество теплоты, диффузия, основные положения МКТ, опыт Штерна.

Левая часть приведенного примера задает связь между понятиями механики и законов Ньютона. Эта связь между физической теорией и ее ядром. Следовательно, в правой части среди предложенных понятий нужно выбрать то, которое находится к понятию МКТ в том же отношении (для школьной теории таким понятием являются основные положения МКТ).

Трудности в формировании понятий могут быть также связаны и с тем, что школьник не может выделить признаки, на основании которых формируется понятие, или использует неправильные стратегии. Особенно процесса формирования понятий можно изучить с помощью множества геометрических фигур (рис. 4). Большинство детей, испытывающих трудности при усвоении физики, не могут указать признаки, предъявленные на рисунке (размер, цвет, форма).

К сожалению, мы привыкли считать силлогистическое мышление чем-то второстепенным, превознося творческое мышление. Однако попробуйте сформировать поисковую когнитивную схему метода, если ребенок не способен к силлогистическим умозаключениям. На самом деле она реализуется через цепочку классических силлогизмов. Приведу пример, связанный с применением координатного метода к решению задачи на расчет прямолинейного равномерного движения двух пешеходов. Начало поисковой деятельности при его применении можно представить в следующем виде:

- Движение тел изучается физической теорией, называемой механикой. Пешеходы идут (один из синонимов слова «движутся»). Следовательно, их движение можно описать, используя механику.

- Движение любых тел с постоянной скоростью является прямолинейным и равномерным. Пешеходы движутся с постоянными скоростями. Следовательно, их движение является прямолинейным и равномерным.

- Прямолинейное и равномерное движение описывается уравнением $x = x_0 + v_x t$. Движение пешеходов является прямолинейным и равномерным. Следовательно, для описания их движений необходимо воспользоваться уравнением $x = x_0 + v_x t$.

В качестве примера архетипа сознания приведу хорошо известный феномен списывания, оказывающий серьезнейшее влияние на весь учебный процесс и определяющий отношение нашего народа к интеллектуальной собственности. Архетипы функционируют на подсознательном уровне и формируются всем социальным окружением ребенка на протяжении всей его жизни. В них отражены нормы ценности, правила поведения, принятые в опреде-

ленной культуре. Борьба с архетипами практически невозможно, но «врага» нужно знать, чтобы учитывать его воздействие.

Необходимость изучения объема и продолжительности удержания произвольного внимания (существует специальная процедура ее измерения, называемая методом корректурной пробы) следует из очевидной потребности в планировании времени выполнения учащимися определенного вида деятельности.

Читатель может подумать, что процесс изучения личности ученика занимает львиную долю времени в когнитивном обучении и на изучение собственно физики его уже не остается. Это не так. Дело в том, что описанные выше когнитивные параметры личности являются ее базовыми образованиями, определяемыми в основном на генетическом уровне, практически не поддающимися корректировке и развитию. Поэтому определение когнитивных параметров проводится не чаще одного раза в год и выполняется, в основном, школьным психологом. Полученные данные используются для прогноза успешности обучения и для построения корректирующих воздействий.

Итак, содержание обучения определено, исходное состояние учащихся изучено. Перейдем к третьему этапу проектирования учебного процесса.

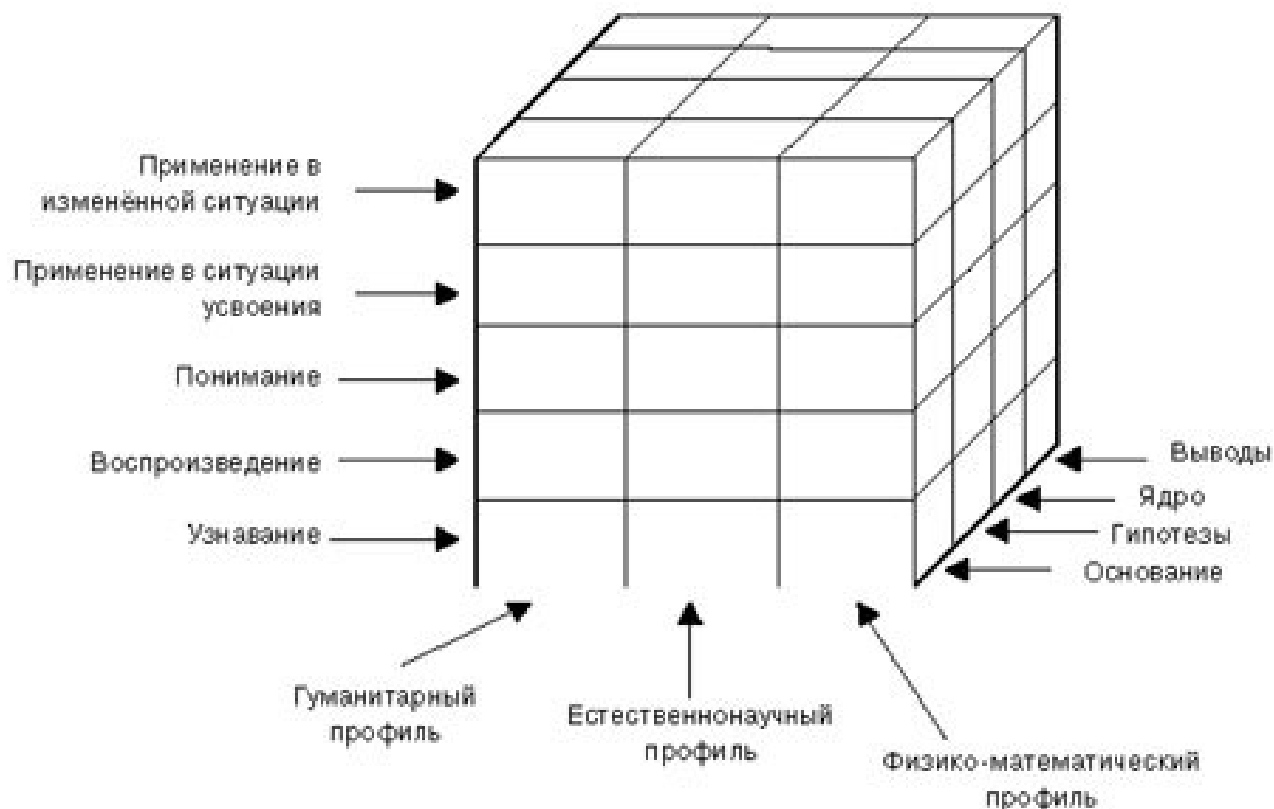
3. Планирование результатов обучения.

Как мы уже говорили, что цели обучения должны быть поставлены диагностично и операционально. Последнее достигается формулировкой цели в виде ожидаемых планируемых действий ученика в ответ на предъявление задания. Так как в когнитивном обучении основной целью является присвоение учеником научных методов познания, то ее достижение должно быть выражено в виде наблюдаемых действий учащегося по их применению. Для разработки средств диагностики применяется специально сконструированная трехмерная модель уровней освоения методов (*Бершадский М.Е.*, 1995, С. 141–148). Эта модель построена на основе трех классификаций:

- уровней усложнения действий, которые ученик может совершать с усваиваемой информацией;
- структуры естественнонаучного знания, построенного на основе гипотетико-дедуктивной схемы, в которой различные элементы выполняют разные функции в процессе научного познания (выделение этого основания классификации необходимо для мониторинга процесса формирования теоретического мышления учащихся, конечно, если школа должна ставить такую задачу);
- профилей обучения в средней школе (выделение этого основания позволяет учитывать различные цели образования в профилированных учебных заведениях).

Графически модель уровней усвоения можно представить в виде прямоугольного параллелепипеда, сторонам которого соответствуют разные основания классификации (рис. 5).

Рис. 5



На оси X можно выделить три профиля обучения (гуманитарный, естественнонаучный, физико-математический). На оси Z представлены пять уровней действий с усваиваемой информацией (узнавание, воспроизведение, понимание, применение в ситуации усвоения – ограниченный перенос, применение в измененной ситуации - частичный перенос). На оси Y выделяются 4 структурных компонента дидактически адаптированного научного гипотетико-дедуктивного знания (эмпирическое основание, первичные гипотезы, ядро, система следствий).

В результате получаются 60 элементарных ячеек, каждая из которых характеризует действие, которое ученик данного профиля обучения может выполнять с информацией, принадлежащей различным уровням теоретического обобщения. Например, ученик гуманитарного профиля обучения способен воспроизводить гипотезы, лежащие в основе той или иной теории.

С учётом вырождения (независимости) уровней по отдельным составляющим различных классификаций (например, в основе воспроизведения любой информации учениками всех профилей обучения лежит один и тот же механизм образования простых ассоциаций между двумя единицами информации) можно получить более простую и практически применимую таксономию, состоящую из семи уровней:

1. Узнавание единичной информации.
2. Воспроизведение единичной информации.
3. Понимание эмпирических обобщений.
4. Понимание теоретических обобщений.
5. Применение единичной информации в ситуации усвоения.
6. Применение системной информации в ситуации усвоения.
7. Применение системной информации в измененной ситуации.

В этой шкале отсутствует дифференциация по профилю обучения, которую можно задать, указав необходимые уровни усвоения учащимся разных профилей.

Данную шкалу можно применять для контроля усвоения любой физической информации (понятий, величин, законов, теорий), в том числе и для диагностики уровней усвоения

методов. Тогда под единичной информацией будет пониматься операция или действие (не разложимые на отдельные составляющие без изменения смысла), входящие в состав метода. Третий уровень будет соответствовать пониманию структуры и содержания экспериментальных методов, а четвертый — теоретических методов познания. На пятом уровне контролируются отдельные операции, из которых состоит метод, а на шестом происходит системное выполнение всех действий и операций в стандартной ситуации, соответствующей ситуации усвоения. На седьмом уровне контролируется перенос метода и его применение в измененной ситуации.

С помощью данной шкалы можно конкретизировать любую цель когнитивного обучения. Приведем несколько примеров диагностично сформулированных целей усвоения отдельных операций, действий и методов в целом:

Учащийся должен уметь:

- узнавать уравнение зависимости координаты от времени для прямолинейного равномерного движения, написанное в общем и частном видах;
- воспроизводить уравнение закона Ома для полной цепи в ответ на требование, предъявленное в вербальной форме;
- обнаруживать необходимость применения специальных методов преобразования электрических цепей постоянного тока при предъявлении схемы цепи с «мешающими» сопротивлениями;
- применять экспериментальный метод для исследования коэффициента поверхностного натяжения от концентрации примесей.

4. На четвёртом этапе проектирования учебного процесса учитель распределяет отобранное ранее содержание обучения по урокам, учитывая данные диагностики исходного состояния учащихся (длительность удержания произвольного внимания, преобладающая модальность восприятия, способы кодирования, особенности памяти и др.). На основании полученных данных определяется время, необходимое для введения логически обоснованной и законченной информации. Деление информации на мелкие части, не охватывающие изучаемый метод в целом, не целесообразно, так как препятствует формированию в сознании учащихся целостного образа, соответствующего методу (поэтому уроки физики лучше сдаивать).

5. Пятый этап: выбор адекватных форм проведения учебных занятий, который также осуществляется на основе данных когнитивного мониторинга. Я сознательно не говорю о выборе метода изучения, так как этот выбор уже давно сделан и описан в этой статье. На мой взгляд, существуют всего два основных метода обучения, основанные на различных психологических теориях научения. Один из них предполагает детальное управление познавательной деятельностью, второй основан на теории спонтанного саморазвития личности в образовательной среде. Из сказанного ранее следует, что когнитивное обучение базируется на методе управления, но реализован он может быть в разных формах. Очевидно, что при введении новой для учащихся информации о тех методах, которыми они еще не владеют, лучше использовать лекцию в форме проблемного изложения. Если же структура и содержание метода школьникам уже известна и усвоена на уровне понимания, то для дальнейшего научения на уровне применения можно использовать эвристическую беседу или фронтальную индивидуальную форму работы в частично-поисковом режиме. По мере обучения учащихся и усвоения ими общих методов самостоятельность детей при усвоении новой информации постепенно увеличивается.

6. На шестом этапе осуществляется подбор и создание средств управления учебным процессом. Кроме обычного для учителя подбора оборудования для демонстрационного и лабораторного эксперимента, таблиц, плакатов, диапозитивов и кинофрагментов, программ для ЭВМ и т. д. для реализации когнитивного научения необходимо создать специальный учебный комплект для учащихся, включающий:

- изложение физической информации с выделением обобщенных процедур, общих и частных методов познания и описанием операционной структуры и содержания каждого из

методов (к сожалению, я не знаю ни одного учебника физики, в котором была бы реализована данная идея);

- рабочая тетрадь для диагностики процесса усвоения новой информации, содержащая различного вида задания для учащихся:

1) задания на реконструктивное воспроизведение учебной информации (изложение). Учащийся в ответ на предъявленный вопрос пишет развернутое объяснение учебного материала с обоснованием всех логических шагов, необходимых для его развития. Эта форма проверки является наиболее информативной, но требует много времени для проведения и наиболее трудоемка при проверке работ учащихся.

2) задания «вставьте пропущенное слово». Эта методика уже была кратко охарактеризована ранее при описании диагностики исходного состояния;

3) задания «расположите в нужном порядке»;

3) задания «дополните структуру». В тексте задания приведено описание структуры и содержания определенного метода. Некоторые этапы пропущены и учащиеся должны вписать недостающие элементы;

4) задания «охарактеризуйте понятие». В тексте дано описание процедуры введения какого-либо понятия (о явлении, величине, приборе, законе, методе и т. д.). Учащиеся должны охарактеризовать предъявленное понятие в соответствии с данной процедурой;

5) задания «определите тип связи». Учащимся предлагаются несколько предложений текста и они должны указать тип логической связи между ними;

6) задания «найдите аналогию» (об этом задании уже говорилось выше в связи с обсуждением диагностики исходного состояния);

7) задания «исключите понятие» (см. замечание к предыдущему пункту);

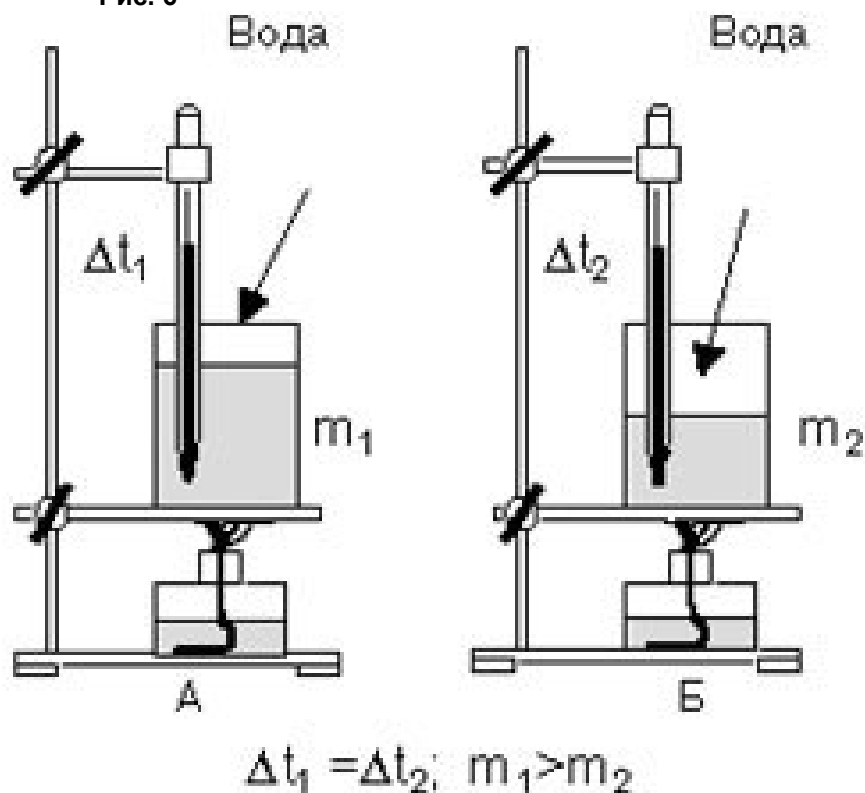
8) задания «составьте граф-схему». Суть задания понятна из его названия. Разновидностью этой формы заданий является задание на дополнение и уточнение предъявленной граф-схемы;

9) задания на перекодирование информации. В тексте задания информация предъявляется в одной из пяти форм (образной, вербальной, графической, знаковой, символической). Учащийся должен перекодировать его в заданную форму;

10) задания «дополните рисунок». В задании учащемуся предъявляется рисунок в образно-символической форме (рис. 6), по которому он должен дать краткое описание опыта и его результатов.

11) задания «диаграмма Эйлера. Учащемуся предъявляется некоторое множество понятий и он должен указать соотношение между ними с помощью диаграммы Эйлера.

Рис. 6



С помощью данной тетради контролируется усвоение учениками физической информации на первых четырех уровнях. Для обучения на следующих уровнях необходима еще одна рабочая тетрадь.

- Рабочая тетрадь для управления процессом овладения методами. Примером подобной рабочей тетради может служить одна из книг по методам решения физических задач, написанная мною совместно с Е.А. Бершадской (*Бершадский М.Е., Бершадская Е.А., 2001*). Сначала на примере достаточно простой задачи подробно шаг за шагом описываются действия, которые необходимо совершить для ее решения. Каждое действие раскладывается на операции, выполняемые в определенной последовательности. Для действий и операций показываются образцы и возможные варианты их выполнения. В результате создается обобщенная схема применения физического метода решения определенного типа задач. Особое внимание уделено ориентировочной основе действия, в результате которой выбирается метод решения. Затем учащимся предлагается похожая задача, которую нужно решить самостоятельно, отвечая на вопросы, приведенные в тексте. Эти вопросы составлены в соответствии со схемой применения метода и требуют от ученика не только выполнения действий и операций, но и обоснования необходимости их выполнения. Если школьник успешно справился с решением этой задачи, то он достиг уровня понимания метода и составляющих его действий и операций.

Решая следующие тренировочные задачи, школьник учится выполнять действия в измененных и постепенно усложняющихся условиях. При этом он по-прежнему отвечает на ряд последовательно поставленных вопросов, не пытаясь решить задачу в уме. Интуиция — «вещь» замечательная, но ни учитель, ни ученик не смогут проконтролировать правильность интуитивно выполняемых действий. Лишь при многократном осознанном выполнении действий они превратятся в достижения интеллекта ученика.

Первые тренировочные задачи соответствуют обычному школьному уровню, последующие задачи рассматриваются в классах с углубленным изучением физики и предлагаются на вступительных экзаменах в институты и университеты. Уровень сложности задач ученик может выбрать самостоятельно.

- материалы для итогового контроля уровней усвоения методов (не темы или раздела

физики, а именно каждого из изученных методов). Задания составлены в соответствии с диагностично поставленными целями усвоения методов и ранжируются по уровням усвоения, который может самостоятельно выбрать ученик.

Рабочие тетради и материалы для итогового контроля на печатной основе могут быть успешно заменены компьютерными тренажерами, но задача создания необходимых обучающих программ еще не решена.

Теперь у нас все готово для проектирования когнитивного обучения физике. Практика многолетнего (с 1988 г.) применения описанной выше технологии в школах Московской области показала, что она позволяет в заданное время достигать диагностично поставленных целей присвоения учащимися методов научного познания.

Литература

1. Бершадский М.Е. В каких значениях используется понятие «технология» в педагогической литературе? //Школьные технологии, № 1, 2002, С. 3–19.
2. Брунер Дж. Психология познания М.: Прогресс, 1977.
3. Келли Дж. Психология личных конструктов. СПб.: Речь, 2000.
4. Когнитивная психология М.: Тривола, 1996.
5. Найссер У. Познание и реальность. Смысл и принципы когнитивной психологии. Благовещенск, БГК им. И.А. Бодуэна де Куртенэ, 1998.
6. Рузавин Г.И. Методология научного исследования: Учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999.
7. Талызина Н.Ф. Управление процессом усвоения знаний. М.: МГУ, 1975.
8. Холодная М.А. Психология интеллекта: парадоксы исследования. Томск: Изд-во Том. Ун-та. Москва: Изд-во «Барс», 1997.
9. Хьелл Л., Зиглер Д. Теории личности. СПб.: Питер, 2001.
10. Флейвелл Дж. Генетическая психология Жана Пиаже. М.: Просвещение, 1967.
11. Bandura A. Social cognitive theory. In R. Vasta (Ed.), Annals of child development (vol. 6, pp. 1-60). Greenwich, CT: JAI Press.
12. Бершадский М.Е. Уровни усвоения школьниками физической информации и их диагностика в процессе обучения. — В кн.: Инновационные процессы в профессионально-педагогическом образовании /Материалы Международной конференции. — М.: МПУ, 1995 С. 141–148.
13. Практикум по общей, экспериментальной и прикладной психологии: Учеб. Пособие //Под общей редакцией А.А. Крылова, С.А. Маничева. — СПб.: Издательство «Питер», 2000.
14. Рабочая тетрадь по физике. Часть 1.: Для 7–8 кл. общеобразоват. Учрежд. Л.С. Хижнякова, М.Е. Бершадский, А.А. Синявина и др. М.: Вита-Пресс, 2000.

Итак, можно ли научить физике? Я думаю, что на этот вопрос трудно дать однозначный ответ, так как глагол «научить» слишком многозначен. Научить можно всех, если под научением понимается вызубривание нескольких формул и умение решать задачи на подстановку данных в известное выражение. Но нужно ли индивиду и обществу такое научение? Научить можно лишь единицы, если речь идёт о подготовке будущих физиков-профессионалов, но такая задача не может являться целью массового образования.

Тем не менее при определённых условиях ответ может быть однозначным. Да, физике научить можно, если под научением понимать присвоение физического способа мышления, отражённого в методах данной науки, и активировать на уроках огромные приспособительные возможности интеллекта позволяющие ему моделировать любые виды деятельности, в том числе и деятельность человека-исследователя.