

Можно ли научить физике?

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

Я убеждён, что педагогика ... есть психология помощи умственному развитию ребёнка...

Дж. Брунер

Искушённый в педагогических дискуссиях читатель лишь усмехнётся, 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 чём выражается это научение и как его определить?» Вероятно, эти извечные вопросы всегда будут обсуждаться (как это уже было на протяжении многих веков). Однозначного ответа на них нет, поэтому будем считать главной целью образования передачу следующим поколениям определённых способов мышления, которые позволят им продолжить процесс познания окружающего мира, сохранить и приумножить достижения человечества. Это верно для всех школьных дисциплин, 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 определённых уровнях, зависящих от профиля обучения) **физического способа мышления**. Научить ученика физике — значит сделать достоянием его индивидуального сознания физический способ мышления, обучить применять его для объяснения явлений природы.

Такое понимание основной цели обучения созвучно некоторым когнитивным психологическим теориям личности. Так, в теории Джорджа Келли (теория личностных конструктов) поведение каждого человека рассматривается как аналог исследования учёного, наблюдающего какие-то явления природы или социальной жизни и использующего известные ему когнитивные методы для сбора и оценки данных. Как и учёные, обычный человек на уровне здравого смысла формулирует гипотезы и проверяет, подтверждаются они или нет. Он стремится предсказать, изменить и понять события. Он заинтересован в предвидении будущего и построении планов, основанных на ожидаемых результатах. Всё это — исходные положения теории Келли, из которой прямо следует, что основной задачей школы является **обучение учащихся научному методу**.

Итак, основная цель обучения физике 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 её основные черты?

Рассмотрим две точки зрения на исходные принципы организации учебного процесса. Их противоречие можно свести к противопоставлению двух идей обучения (свободного спонтанного саморазвития и развития человека в специально организованном процессе обучения). Первая всегда восторженно воспринималась представителями художественной интеллигенции из-за гуманистического отношения к ребёнку. Вторая с удивительным постоянством применяется человечеством на протяжении тысячелетий в практике преподавания большинства учебных заведений. Сейчас современное образование превратилось в массовое производство по адаптации подрастающего поколения к социальному окружению постиндустриального общества, которое может быть эффективным и гарантировать получение определённых запланированных результатов только при использовании технологического подхода к организации производственных процессов. Процессы, 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. Причём под технологией

учебного процесса понимается модель этого процесса (или реальный процесс, построенный на её основе) в форме специально организованной, структурированной деятельности, направленной на достижение диагностично поставленных целей. Одним из теоретических принципов, на которых основана эта модель, являются положения кибернетического подхода к управлению сложными динамическими системами, которые применительно к управлению познавательной деятельностью учащихся сформулировала Н.Ф.Талызина ещё в 1975 году.

Каковы этапы моделирования учебного процесса? В модели учебный процесс представляет собой последовательное приближение учащегося к заданному состоянию (планируемые результаты образования) в процессе специально организованной учителем познавательной деятельности.

Как сконструировать конкретную модель обучения (построение системы методов, форм, средств и приёмов)? Для этого надо получить информацию о тех параметрах исходного состояния ученика, которые необходимы для выбора адекватных средств воздействия (особенности внимания, памяти, уровень интеллекта, общенаучные, физические и житейские понятийные и семантические структуры, математические знания и умения и т.д.). И только на основании полученной информации учитель может сконструировать определённую модель учебного процесса (система видов деятельности участников учебного процесса со специально сконструированным содержанием).

Процесс проектирования начинается с определения цели обучения. А ей, как мы уже говорили, является присвоение учащимися научного метода познания. Конкретизируем эту цель.

Процесс познания начинается с исследования определённой предметной области материального мира (см. рис. 1). В результате сравнения, классификации, анализа, обобщения данных наблюдений и экспериментов происходит накопление научно установленных фактов. Но эмпирический уровень познания не позволяет понять сущность наблюдаемого. Поэтому учёный, пользуясь аналогией, интуицией, случайными ассоциациями, выдвигает гипотезы, с помощью которых можно объяснить известные факты. Однако хорошая гипотеза должна обладать эвристической силой, т.е. на её основе с помощью математического моделирования и дедукции можно вывести некие следствия, ещё не известные науке. Если эксперименты подтверждают выводы, то это не делает гипотезу логически достоверной, она остаётся только вероятностным заключением. В противном случае гипотеза фальсифицируется (нужна её модификация или замена).



Рис. 1. Структура научного метода познания

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 (определённая последовательность процесса познания, структурированность его результата). В физическом знании можно выделить эмпирическое основание (факты), ядро (гипотезы, принципы, постулаты), следствия и критериальные эксперименты. Поэтому содержанием обучения должны стать построенные именно на основе содержательной модели физические теории. Во-вторых, научный метод — это синкретическая деятельность, состоящая из множества отдельных методов. Очевидно, что в его основе лежит синтез экспериментального и теоретического методов, каждый из них не является однородным и включает множество отдельных методов (см. рис. 2). Общенаучный метод реализуется на определённом предметном содержании только через конкретные методы. Поэтому именно через частные познаётся общенаучный метод познания. Наблюдая демонстрационный эксперимент или выполняя лабораторную работу, ученик изучает 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.

Рис. 3

| Экспериментальный метод | Научный метод | Частные теоретические методы |
|-------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Калориметрический | Общие теоретические методы | Координатный |
| Стробоскопический | Идеализация | Векторных диаграмм |
| Рентгеноструктурный | Моделирование | Круговых процессов |
| Спектроскопический | Динамический | Правила Кирхгофа |
| | Статистический | |

Например, учитель подвешивает к динамометру калориметрическое тело и спрашивает детей, как изменятся показания динамометра, если тело опустить в жидкость. Дети выдвигают гипотезы, а учитель, видя 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), причём ни один ученик не может обосновать свою гипотезу и выдвигает её чисто интуитивно. Подтверждение или опровержение гипотезы имеет такое же отношение к развитию творческого мышления, как и попытки угадать, какой стороной упадёт монетка при её 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. К сожалению, большинство демонстрационных установок (в соответствии с методическими рекомендациями) появляются на уроках в заранее собранном виде, а лабораторные опыты выполняются по подробной инструкции. Как же дети могут догадаться, что экспериментальная деятельность имеет определённую структуру и состоит из ряда последовательно выполняемых действий?

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, только в процессе овладения частными методами может происходить присвоение учащимися научного метода познания. 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 (теории оперантного обусловливания Б.Ф.Скиннера, поэтапного формирования умственных действий П.Я.Гальперина, зонная теория Л.С.Выготского, социально-когнитивная теория А.Бандуры).

В зонной теории Л.С.Выготский уделяет особое внимание содержанию обучения и роли взрослого, обучающего ребёнка. Ребёнок осваивает окружающий мир, применяя одни и те же когнитивные схемы, позволяющие воспринимать и перерабатывать определённые виды информации. Другие виды содержания, для восприятия которых у ребёнка нет когнитивных схем, восприниматься им не будут. Поэтому новые психические функции могут формироваться только при изучении нового содержания ближайшей зоны развития ребёнка. Но оно не может быть освоено ребёнком самостоятельно, поэтому необходимо его общение с окружающими людьми. Для Выготского обучение представляет собой присвоение способов деятельности, образцы которых демонстрируют ребёнку окружающие его люди в процессе общения с ним.

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. 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 идёт 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»*. Очевидно, что с точки зрения Скиннера управление процессом научения сводится к контролю реакций учащегося и разработке системы подкреплений, позволяющих закреплять нужные действия, операции, способы поведения.

* Хьелл Л., Зиглер Д.. Теория личности. СПб.: Питер, 2001. С. 341– 342.

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 путём моделирования. Действительно, в сущности все феномены научения через прямой опыт могут появиться косвенно при наблюдении за поведением людей и его результатами»*. В отличие от Скиннера, он считал, что подкрепление — не единственный способ, при помощи которого приобретает или модифицируется поведение. Человек может формировать когнитивный образ определённой 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» (см. табл.).

* Bandura A. Social cognitive theory. Greenwich, CT: JAI Press, 1989. P. 14-15.

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

По теории Бандуры существуют две основные системы репрезентации поведения модели в памяти человека — образное и вербальное кодирование. Об образном кодировании можно говорить, когда ребёнок находится на ранних стадиях развития до формирования речи и при научении формам поведения, не поддающимся вербальному кодированию. Вторая система предполагает вербальное кодирование: «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». Однако многочисленные исследования психологов показывают, что умственные действия и понятия образуются ещё на доречевом этапе. 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.

Таким образом, обучение предполагает формирование внутренних репрезентаций (про-

тотипов деятельности) в процессе наблюдения и изучения поведения модели. Тогда моделирование определённых видов деятельности станет центром учебного процесса. Если его цель — присвоение научного метода, то учителю следует моделировать и показывать образцы деятельности по его применению. Если научный метод состоит в последовательном выполнении определённых операций и действий, то учитель должен их моделировать на уроке, раскрывая структуру деятельности, последовательность выполнения действий, их содержание и назначение.

А теперь я хочу сформулировать несколько лозунгов, которые 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 ребёнка эти операции могут отсутствовать и он даже не догадывается об их существовании. Поэтому, если вы при изложении нового материала, при объяснении метода решения задач, при выполнении эксперимента и т.д. не предъявите интеллектуальные операции, не объясните ребёнку 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 её на практике. Поэтому кратко опишу этапы проектирования учебного процесса.

Отбор содержания обучения и его структурирование

На этом этапе анализируются требования программы и учебный материал, приведённый в учебнике, определяется логика изложения материала темы. Физическая информация даётся в определённой 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). При этом для каждого шага в изучении учебного материала раскрывается структура соответствующего ему вида деятельности.

При изучении темы исходный материал предъявляется детям в виде определённых фрагментов действительности (реальные предметы, модели, демонстрационные установки, приборы и материалы для проведения лабораторных опытов) или в форме образов реальных объектов. Чаще всего мы 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 3 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 опознаётся определённое 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. По-

этому учитель не может заранее спланировать успешность присвоения новой информации учеником. Таким образом, необходим второй этап проектирования учебного процесса.

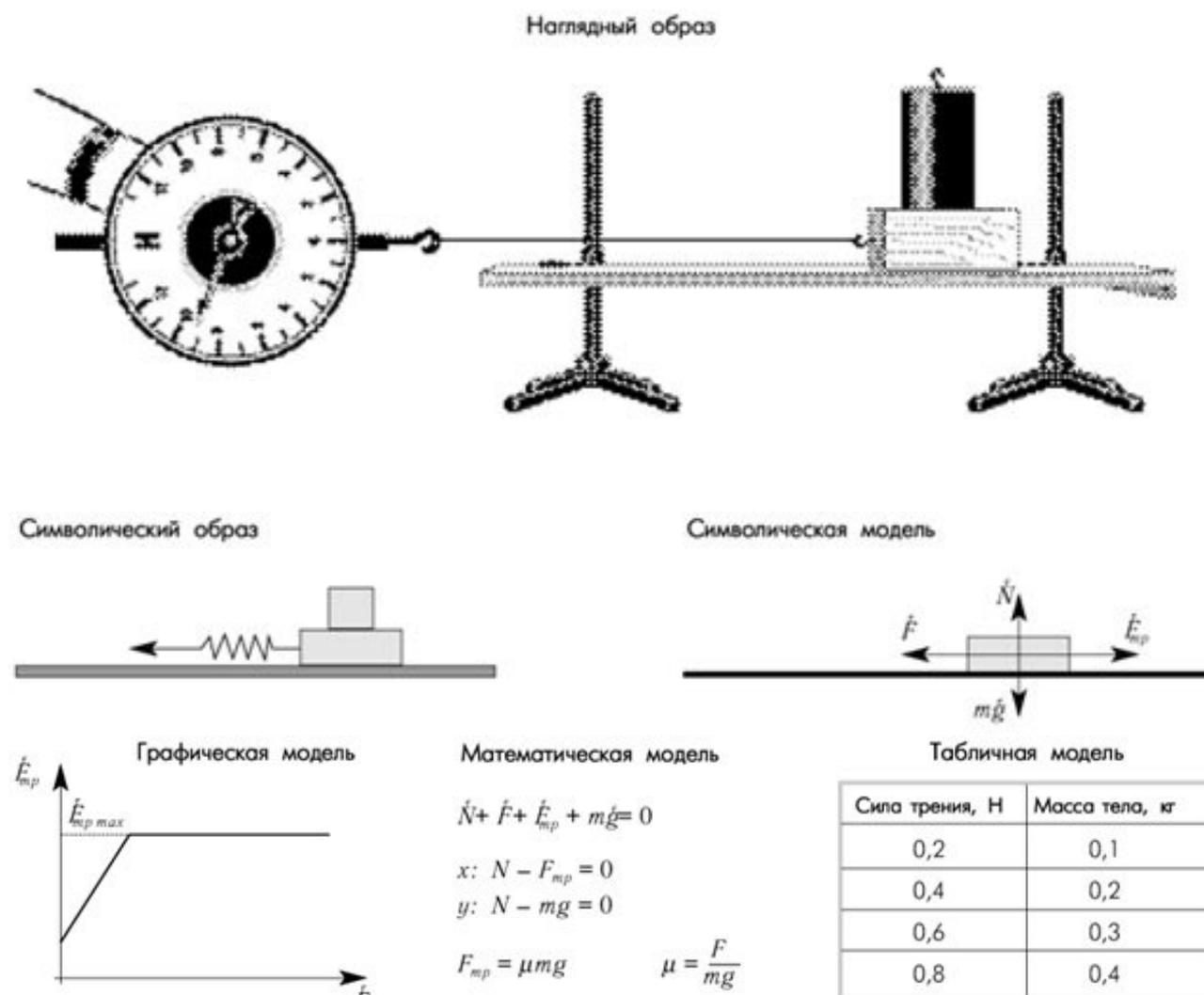


Рис. 3.

Изучение исходного состояния учащегося

Какую информацию нужно получить о параметрах начального состояния ученика, чтобы спроектировать обучающие воздействия? 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. Каковы основные способы получения этой информации? Наилучшим способом проверки 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 (4–5 слов). Написанные учащимися понятия точно отражают те значения терминов, которые интересуют учителя. Приведу пример одного из таких исследований семантических полей.

В новых учебниках физики достаточно развёрнутое 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 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 расчёт 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.

Ко *второй* группе относится информация о когнитивных параметрах. 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: «... 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 всё грандиозное биологическое значение этого рода новых связей организма со средой — условных рефлексов». Новые условные связи базируются на реакциях организма, которые определяются уже имеющимися рефлексами. Иными словами, по мнению Ж.Пиаже, «... ни одна структура никогда не является радикально новой, каждая есть просто обобщение иного действия, заимствованного из предыдущей структуры». Следовательно, надо изучить исходное состояние ученика. А если мы говорим о присвоении учениками научного метода познания, необходимо изучить интеллектуальные способности и когнитивный опыт школьника, а именно:

- 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, объём кратковременного хранения, скорость забывания и т.д.);
- особенности внимания (объём внимания, устойчивость к помехам, длительность удержания произвольного внимания);
- стратегии формирования понятий (сканирование или сосредоточение), умение выделять признаки понятий;
- умение совершать индуктивные умозаключения;
- умение совершать дедуктивные умозаключения.

Я не берусь утверждать, что этот список характеристик когнитивной сферы ученика исчерпывающий. Однако сейчас, согласно экспериментальным данным, эта информация достаточна для того, чтобы принимать осознанные управленческие решения по выбору воздействий на ученика.

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 приёмами и операциями пользуется ученик для решения этой задачи? Для исследования связей между понятиями и тех интеллектуальных операций, которые использует ребёнок 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. Попробуйте провести этот же тест с физическими понятиями ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД, СИЛА ТОКА, НАПРЯЖЕНИЕ, УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ. Более 60% детей не в состоянии исключить не являющееся физической величиной понятие ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК.

Мы привыкли считать силлогистическое мышление чем-то второстепенным, превознося творческое мышление. Однако попробуйте сформировать поисковую когнитивную схему метода, если ребёнок не способен к силлогистическим умозаключениям. На самом деле она реализуется через цепочку классических силлогизмов. Обратимся к координатному методу. 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 $x=x_0+vx \cdot t$. Движение пешеходов является прямолинейным и равномерным. Следовательно, для описания их движений необходимо воспользоваться уравнением $x=x_0+vx \cdot t$.

В качестве примера архетипа сознания приведу хорошо известный феномен списывания, оказывающий серьёзнейшее влияние на весь учебный процесс и определяющий отношение нашего народа к интеллектуальной собственности. Архетипы функционируют на подсознательном уровне и формируются всем социальным окружением ребёнка. В них отражены нормы, ценности, правила поведения, принятые в определённой культуре. Бороться с архетипами практически невозможно, но «врага» нужно знать, чтобы учитывать его воздействие.

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

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

Планирование результатов обучения

Как мы уже говорили, цели обучения должны быть поставлены диагностично и операционально. А так как в когнитивном обучении основной целью является присвоение учеником научных методов познания, то её достижение должно быть выражено в виде наблюдаемых действий учащегося по их применению. Для разработки средств диагностики применяется специально сконструированная трёхмерная модель уровней освоения методов (см.рис. 4). Эта модель построена на основе трёх классификаций:

- уровней усложнения действий, которые ученик может совершать с усваиваемой информацией;
- структуры естественнонаучного знания, построенного на основе гипотети-

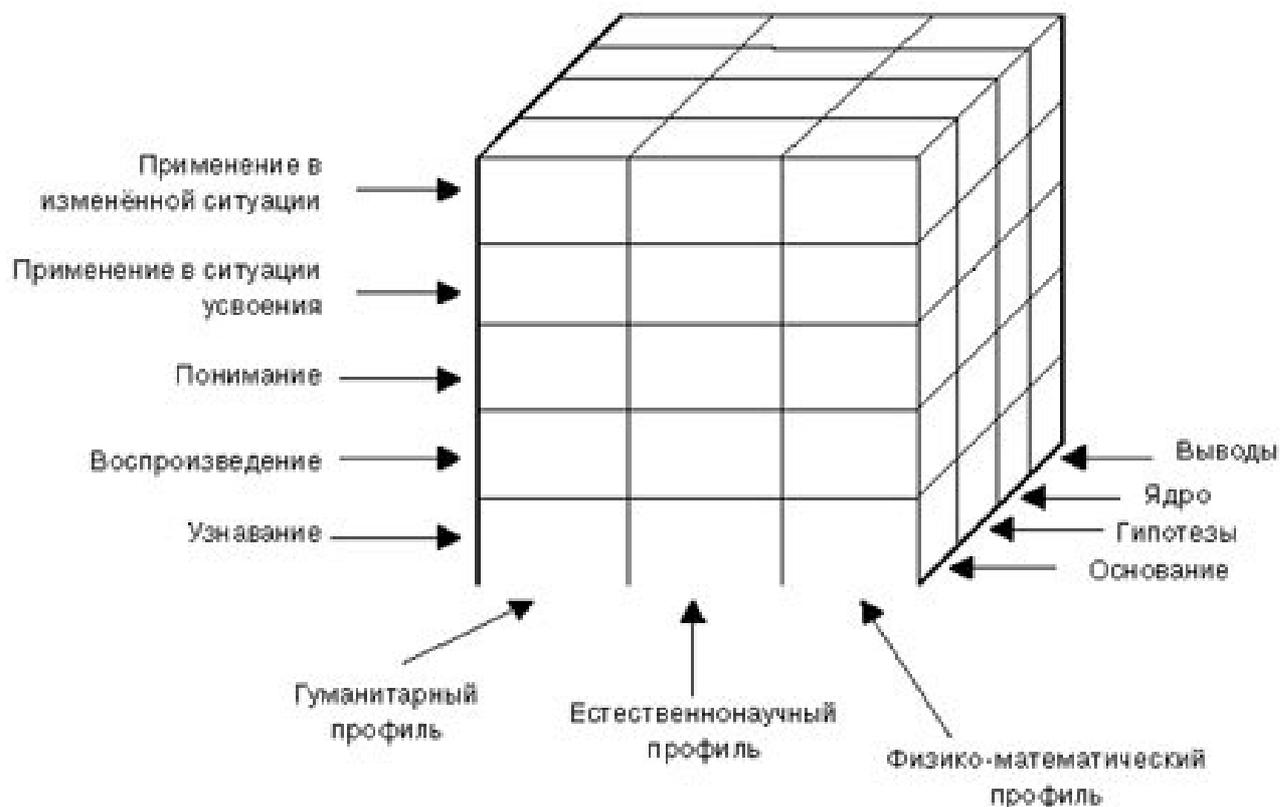
ко-дедуктивной схемы, в которой различные элементы выполняют разные функции в процессе научного познания (выделение этого основания классификации необходимо для мониторинга процесса формирования теоретического мышления учащихся);

- профилей обучения в средней школе (выделение этого основания позволяет учитывать различные цели образования в профилированных учебных заведениях).

С учётом 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 изменённой ситуации.

Рис. 4



Эту 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 четвёртый — 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 изменённой ситуации.

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.), и только потом определяет время, необходимое для введения логически обоснованной и законченной информации. Лучше не делить информацию на мелкие части, так как это не способствует формированию в сознании учащихся целостного образа, соответствующего методу (поэтому уроки физики лучше сдвигать).

Пятый этап: выбор адекватных форм проведения учебных занятий. 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 ещё не владеют, лучше прочитать 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.

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., желательно создать специальный учебный комплект для учащихся (изложение физической информации с выделением обобщённых процедур, общих и частных методов познания и описанием операционной структуры и содержания каждого из методов; рабочая тетрадь для диагностики процесса усвоения новой информации, содержащая различного вида задания для учащихся, и рабочая тетрадь для управления процессом овладения методами).

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

Теперь у нас всё 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.

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.