

КОГНИТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ ФИЗИКЕ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Обучение физике рассмотрено как когнитивный процесс формирования репрезентаций физических объектов и явлений. Этот процесс происходит на основе когнитивных структур восприятия и обработки информации. Рассмотрены и проанализированы основные модели процесса решения учебных задач. Отмечено, что уже на стадии осмысления текста учащийся осуществляет целый комплекс когнитивных операций. Формирование когнитивной структуры задачи зависит от индивидуальных способов переработки информации, получивших название когнитивных стилей.

В современных условиях быстрого устаревания профессиональных навыков постоянное повышение квалификации работников является одним из важнейших факторов экономического успеха любого предприятия. Профессиональное обучение рассматривают как непрерывный процесс, оказывающий непосредственное влияние на достижение производственных целей, на финансовое положение предприятия. Система профессионального развития превратилась в последнее время в ключевой фактор эффективности производства. Одной из основных форм профессионального образования является высшее профессиональное обучение. Многие ведущие организации создали постоянно действующие учебные центры и институты. Затраты на высшее профессиональное обучение рассматриваются как долгосрочные капиталовложения вне зависимости от того, кто их делает – организации или частные лица. Так, например, экономическая теория сегментации рынка рассматривает накопленные человеком знания, квалификацию, практические навыки как равноправный вид капитала наряду с его традиционными видами, такими как деньги, акции и т.д. Величина вложений в человеческий капитал равна сумме всех прямых расходов на обучение и потерянных заработков. Исследования лауреатов Нобелевской премии Т.Шульца и Г.Беккера свидетельствуют о получении отдачи от вложений в учебу в размере 12-14% от годовой прибыли. Существует несколько моделей, определяющих эффективность финансовых вложений в образование. Модель А.С.Струмилина применима к массовому образованию. Выявлено, что функциональная грамотность повышает производительность труда на 24%, более высокий уровень образования – на 67%. В модели Мэнкью – Ромера – Уэйла зафиксировано, что 50...70% заработной платы в промышленности приходится на отдачу от человеческого капитала. Показано, что запас человеческого капитала определяется эффективностью процесса обучения. Интеллектуальное производство этого человеческого капитала является одним из решающих факторов экономического развития. Именно поэтому вопросы о фактическом наполнении образовательных программ конкретной информацией и о методах обучения являются экономически значимыми и лежат в основе формирования любого образовательного процесса. Чему учить, как учить и кого можно считать наученным? Эти вечные вопросы всегда были в центре внимания любой системы профессионального образования.

Физика в системе высшего технического образования

Современная система инженерного образования сложилась в результате длительного эволюционного процесса накопления лучших методов и технологий обучения, формирования инфраструктуры и наполнения ее предметным содержанием. Самыми важными аспектами процесса обучения всегда являлись целевые и содержательные. На всех этапах становления и развития системы российского инженерного образования главенствующая роль отводилась математике и физике. Общая физика как учебная дисциплина входит в цикл «Общих математических и естественнонаучных дисциплин» для большинства направлений подготовки дипломированных технических специалистов. Большинство программ курса физики, реализуемых в институтах и технических университетах, основаны на традиционном делении материала по объектам и явлениям. Эту структуру физика окончательно приобрела лишь в первой половине XX века, пройдя в своем развитии ряд этапов. Анализ требований к минимуму содержания в государственных образовательных стандартах второго поколения [1] показывает, что они фактиче-

ски сводятся к перечислению разделов традиционной программы. Вместе с тем значение физики в системе высшего профессионального технического образования очень велико.

Во-первых, по причине развитой методологии научного познания физика является основой последующего профессионального обучения. Программа по физике составляет базу для изучения в дальнейшем общепрофессиональных и специальных дисциплин. Например, в учебных планах подготовки инженеров по направлению 635500 – Строительство это такие дисциплины, как материаловедение, электротехника и электроника, гидравлика, теплотехника, сопротивление материалов, механика грунтов и строительная механика. Формирование такой вертикали профессионального образования, учитывающей внутреннюю логику учебных дисциплин и связь между ними, соответствует сути деятельностного подхода к обучению [2]. Важнейшей исходной посылкой данного подхода является рассмотрение обучения как психической деятельности, как единой системы умственных действий по присвоению социального опыта, результатом которой являются знания. На каждом этапе этого процесса формируются различные ориентировочные, материальные, умственные действия. Идеологами данного подхода принято считать В.П.Беспалько и Н.Ф.Талызину. Учебную деятельность преподавателя можно представить как модель подготовки обучаемого к профессиональной работе. Основные задачи при обучении должны быть ориентированы на будущую деятельность обучаемого.

Во-вторых, физика как учебная дисциплина является наиболее мощным средством общего и когнитивного развития человека (от "cognition" – "познание", англ.). Понимание этого в отечественной педагогике сложилось еще в первой трети XX века. В ряде публикаций [3, 4] когнитивное обучение рассматривалось как усвоение учащимися научного метода познания и формирование соответствующих способов мышления, или когнитивных схем. Когнитивное обучение тесно связано с развивающим обучением и направлено на развитие высших когнитивных функций. На современном этапе школьного и вузовского обучения важным является не столько накопление знаний, сколько развитие личности как открытой системы, способной к саморазвитию и самоопределению. Основной целью изучения физики является формирование у учащихся физического мышления [3]. Мышление, по Л.С.Выготскому, – это прогнозирование. Физическое мышление – это прогнозирование движения и развития физических систем, структур или физических явлений, это возможность предвидения последствий тех или иных технических решений в профессиональной деятельности. Когнитивное обучение формирует качественно новое состояние обучаемого субъекта. Внедрение в практику преподавания физики этой формы обучения приведет к повышению уровня физического и профессионального образования.

Когнитивные трудности успешного усвоения курса физики

Анализ причин и факторов, препятствующих успешному усвоению учащимися школьного и вузовского курса физики, показал, что они находятся вне предметного содержания курса и связаны с иными сторонами процесса обучения [5]. На это не раз указывалось в педагогических и психологических публикациях. Эти факторы, правда, в разной степени характерны для возрастных групп от школьников 7-8 классов до студентов 1-2 курсов технических вузов. Эта проблема кажется достаточно сложной в силу явной возрастной и психологической неоднородности этих групп. Особенно заметным это становится при анализе трудностей и проблем, возникающих при изучении курса общей физики студентами инженерных специальностей. Каковы же основные причины трудностей успешного усвоения курса физики? Это, прежде всего, недостатки в развитии когнитивных функций:

- низкий уровень осмысления воспринимаемого: поверхностная смысловая обработка материала и, прежде всего, текста, слабое развитие основных мыслительных операций (анализ, синтез, сравнение, обобщение, установление причинно-следственных связей и др.) и силлогистического мышления;
- несформированность пространственных представлений и, как следствие, слабое развитие пространственного мышления. Неумение переводить вербальную и знаковую информацию в образную, трудности манипулирования образными репрезентациями;
- низкий уровень восприятия: неумение подчинить восприятие поставленной задаче, фрагментарность, малый объем внимания, его неустойчивость, трудности при переключении, неспособность к длительному сосредоточению;

- низкий уровень развития памяти: малый объем оперативной (кратковременной) памяти, слабая удерживающая способность, трудности при переводе в долговременную память.

Перечисленные когнитивные причины являются самыми значимыми. Например, на долю первой из них, по разным оценкам, приходится от 40% до 60% влияния на эффективность обучения в целом и физике в частности.

С одной стороны, изучение физики способствует когнитивному развитию учащегося, с другой стороны, недостатки в развитии когнитивных функций мышления являются основной помехой успешному усвоению учебного материала. Планомерную коррекцию развития когнитивных функций можно и необходимо проводить в рамках программы курса физики, используя для этого качественные и расчетные физические задачи, лабораторный практикум, обучающие компьютерные программы и другие, специально разработанные виды учебной деятельности. За последние пятнадцать лет значимость этого особенно возросла.

Специалисты ИОСО РАО координировали проведение в России международных исследований по оценке качества математического и естественнонаучного образования TIMSS с 1991 г. по настоящее время. Анализ результатов показал следующее. К существенным недочетам математической подготовки учащихся школ России следует отнести: неумение применить полученные знания в реальных ситуациях, недостаточное развитие пространственных геометрических представлений, а также умения интерпретировать количественную информацию, представленную в форме таблиц, диаграмм и графиков реальных зависимостей.

По предметам естественнонаучного цикла российские школьники продемонстрировали высокие знания фактографического материала, умения воспроизводить их, применять в знакомой ситуации для объяснения явлений, происходящих в окружающем нас мире. Заметно слабее умения учащихся качественно анализировать и объяснять физические явления. Причина этого заключается не только в уровне сформированных основных естественнонаучных понятий и их использования в практических ситуациях, но и в уровне развития интеллектуальных умений, способствующих критическому объяснению и решению поставленных проблем.

В педагогической психологии накоплен большой экспериментальный материал, иллюстрирующий связь успешности обучения по тем или иным учебным дисциплинам и структуры интеллекта. Так, в работе [22] показано, что для успешного обучения физике нужно обладать развитым формально-символьным, пространственным и вербальным интеллектом. Чтобы хорошо успевать по гуманитарным дисциплинам, нужен высокий уровень развития вербального интеллекта.

Эффективность обучения физике непосредственно связана с типом мышления обучаемого. Различают эмпирический и теоретический типы мышления. Различия между ними обусловлены особенностями операции обобщения, в которой самыми главными являются анализ и синтез [6]. Ограничение анализа и синтеза сравнением приводит к осуществлению эмпирического обобщения и формированию эмпирических понятий. Мышление, основанное на эмпирических понятиях, является эмпирическим. Часто оно противопоставляется теоретическому мышлению, оперирующему теоретическими (абстрактными) понятиями и связями между ними. Всех учащихся условно по умению анализировать содержание задачи [7] можно разделить на две группы. Для первой из них характерен эмпирический подход к решению, для другой – теоретический. В ряде работ подчеркивается главенствующая роль теоретического типа мышления в усвоении научного метода познания. Теоретическое мышление представлено двумя формами: теоретическое понятийное и теоретическое образное. Если значение первой формы велико при формировании математического мышления, то уровень развития второй особенно важен при обучении физике и становлении физического мышления.

Важность и значимость образного представления теоретического знания отмечена в работах М.Уайт [8] в связи с возможностью использования в обучении новых информационных технологий и нового языка – языка теоретических образов.

Психологические аспекты когнитивного обучения физике

Обучение физике, как в школе, так и в вузе, можно рассматривать как когнитивный процесс формирования репрезентаций (отражений) физических явлений и объектов, а также связей между ними в сознании изучающего субъекта. Понятие репрезентации, являющееся одним из основных в когнитивной психологии, было предложено М. Айзенком [9]. Он разделял репрезентации на внешние (картины, схемы, графики, текст и т.д.) и внутренние. Внутренние репре-

зентации отражают определенные черты окружающей среды и формируются в результате субъективного отражения реальности. В конечном счете, репрезентации представляют собой механизм кодирования когнитивной информации, перерабатываемой человеком.

В теории двойного кодирования А. Пэвио [10] в качестве основных рассмотрены две системы репрезентаций – образная и вербальная. Каждая из них специализируется на переработке, хранении, организации и воспроизведении разных типов информации. В невербальной системе информация и объекты хранятся как интегральные образы, которые не могут быть разделены на отдельные элементы. В вербальной или символьной системе информация имеет визуальные и фонематические признаки. Согласно этой теории переработка и использование информации идет на трех уровнях. На первом образы и символы (слова) активируются соответствующими объектами. На втором уровне образы и символы (слова) взаимно активируют друг друга. На третьем ассоциативном уровне происходит активация одних образов другими образами и одних символов (слов) другими символами (словами). В целом мыслительный процесс опирается либо на образные элементы, либо на вербальные. Применение этого вывода теории двойного кодирования к преподаванию физики позволяет сделать следующий вывод. Конкретные экспериментальные наблюдения физических процессов обрабатываются в рамках образной системы кодирования, а словесное или символьное описание абстрактной физической модели – в рамках вербальной. В процессе академического изучения физического объекта формируется физическая модель, которая объединяет в себе его образную и вербальную составляющие. Причем если вербальная репрезентация в рамках академического обучения является элементом общественного знания и достаточно однозначно определена, то образная несет на себе значительный отпечаток субъективного опыта и в отличие от вербальной не является однозначно определенной.

Различия в восприятии и воспроизведении образной и вербальной информации связаны с тем, что она по-разному обрабатывается различными участками головного мозга, в частности, левым и правым полушариями. Левое полушарие реализует логико-комбинаторные, вероятно-аналитические процедуры, анализ грамматических конструкций, численный счет, а правое полушарие – целостный охват наблюдаемого образа, понимание метафор и др.

Формирование репрезентаций физических явлений и процессов происходит на основе когнитивных схем восприятия. На формирование в процессе обучения обобщенных схем мышления указывал П.Я.Гальперин. Конкретные знания о фактах и законах должны усваиваться на основе этих общих схем. Формирование психологических когнитивных структур должно быть признано главной задачей обучения. Под когнитивными структурами понимают внутренние относительно стабильные психологические системы представления знаний, которые также являются системами извлечения и анализа текущей информации. Когнитивные структуры образуют складывающуюся в процессе обучения стабильную основу динамических процессов анализа, синтеза, абстракции и обобщения [23]. Когнитивные структуры, репрезентирующие физические знания, являются сложными. В них схематически обобщены основные физические явления, свойства объектов, способы их изменения, физические законы и т.д.

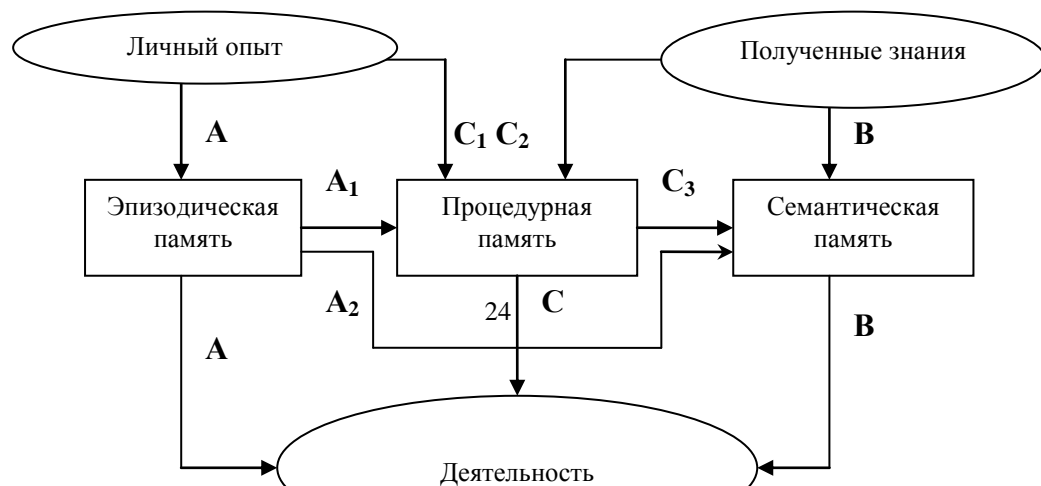
Информация из окружающего мира извлекается, используется и запоминается субъектом в той мере, в которой это позволяют имеющиеся когнитивные структуры. С одной стороны, без соответствующих когнитивных схем не может быть воспринята никакая новая информация, с другой стороны, лишь при изучении нового содержания происходит развитие когнитивных функций и формирование когнитивных структур. В процессе обучения развитие когнитивных структур идет по линии их усложнения, по линии роста их иерархической организации и подчиняется одному из наиболее общих законов – закону системной дифференциации [23]. Он состоит в том, что более развитые и иерархически упорядоченные когнитивные структуры, допускающие глубокий гибкий анализ и синтез действительности, развиваются из более простых, глобальных или плохо расчлененных структур путем их постепенной дифференциации. Так как дифференциация может происходить многократно, развитие когнитивных структур схематически может быть описано ветвящейся структурой. Это наиболее явно прослеживается на примере усложнения описания тела в курсе физической механики: от модели материальной точки, лишенной какой бы то ни было структуры, к системе материальных точек, а затем к модели абсолютно твердого тела и модели идеальной жидкости.

Явные и неявные знания. Когнитивное представление неявных знаний

В современной педагогической психологии категория "знание" используется для обозначения наиболее общей составляющей опыта человека независимо от того, доступна она или нет для вербального отчета [11]. Знание формируется в различных сферах практической деятельности. Рост интереса к сущности научного знания привел к выявлению его неоднородности. В ходе исследований по проблемам методологии науки было предложено различать явные и неявные знания. Впервые это было сделано известным химиком и философом М. Полани в 1958 г. Он исходил из существования двух типов знания: центрального, или главного, и периферического, неявного, скрытого. Явное знание – это знание, содержание которого выражено четко, детали могут быть записаны и сохранены. Неявное, или мысленное, знание основано на индивидуальном опыте. Это делает его трудным для записи и хранения. Обе формы знания возникают изначально как индивидуальное знание. В ряде исследований, в том числе по проблеме искусственного интеллекта, эти разновидности знания были названы артикулируемыми и неартикулируемыми. Артикулируемая часть знания относительно легко поддается превращению в информацию, которая является удобным средством передачи знаний. Она может быть передана от учителя к ученику с помощью учебных текстов, графических изображений и других средств.

Эмпирическую основу неявного знания образуют неосознанные ощущения. Полной осознанности их, по М. Полани, быть не может – "человек знает больше, чем может сказать". Этот скрытый, или неявный, элемент познавательной активности субъекта рассматривался как необходимое основание логических форм знания. В процессе познания оба типа знания находятся в отношении дополнительности. Разделение знания на две части весьма условно. Неявное знание с трудом поддается не только алгоритмизации, но и простейшей вербализации. Неявное, или неартикулируемое знание, проявляющееся в различных познавательных актах, неоднородно по своей сути и всегда связано с личным опытом. Эта часть знания охватывает умения, навыки, интуитивные образы и другие формы личного опыта, которые могут быть получены лишь в ходе самостоятельной деятельности по решению практических задач.

В работе [12] предложена модель получения неявных знаний, представляющая собой ментальные процессы кодирования и хранения информации в памяти и извлечения ее оттуда. Она разработана на основе выделения трех видов памяти – эпизодической, семантической и процедурной. Эпизодической считается память, хранящая события и эпизоды из личного опыта. Семантическая память – память значений слов, понятий и терминов. Процедурная – это память, хранящая специальные пары «условие – действие». Она определяет поведение человека в конкретной деятельности и включает в себя знания, полученные в процессе обучения. На рис. 1, поясняющем эту модель, изображены три части памяти – эпизодическая, семантическая и процедурная. Стрелки иллюстрируют взаимосвязь между ними в процессе кодирования, хранения и извлечения информации. В рассматриваемой работе выделены три основных направления. Линия А соответствует процессу фиксации в эпизодической памяти результатов личного опыта. Со временем эта информация может привести к возникновению структур более общих знаний в процедурной (А1) и семантической (А2) памяти. Процесс получения знаний в результате официального обучения на рис. 1 изображен линией В. Эти знания являются общепринятыми и поступают непосредственно в семантическую память. Линия С соответствует процессу поступления знаний, полученных непосредственно или посредством личного опыта, в процедурную память. В дальнейшем они могут быть перекодированы и переведены в основное знание. Неявные знания, полученные из личного опыта путем, обозначенным на рисунке А1 и С1, влияют на успешность той или иной практической деятельности человека.



Р и с. 1

Следует отметить, что эта модель не рассматривает образование неявных знаний из знаний, полученных в процессе академического обучения. На практике каждый из нас совершает много интеллектуальных действий на подсознательном интуитивном уровне только потому, что они давно прошли этап усвоения и превратились во внутренние неосознаваемые процессы.

Неявное знание многослойно. Условно можно выделить три основных его уровня: семантический, процедурный и физический.

Семантический уровень составляет та часть личностного знания, которая ассоциирована с любым используемым понятием или термином. В использовании терминов в их прямом значении, отмечает М. Полани, всегда есть семантическая неопределенность: любой термин всегда нагружен неявным, личностным знанием. Для адекватного понимания смысла термина необходимо реконструировать теоретический контекст его употребления. С другой стороны, это то, что проявляется при уяснении смысла метафорических образов или терминов, заключенных в кавычки, т.е. употребленных в переносном смысле. Неявные знания семантического уровня коренным образом влияют на понимание, прежде всего, информации, представленной в текстовой форме.

На процедурном уровне представлены структуры знаний, являющихся сложными отображениями пар «условие – действие». Они представляют собой очень важный личностный компонент знания, который принято называть опытом или интуицией.

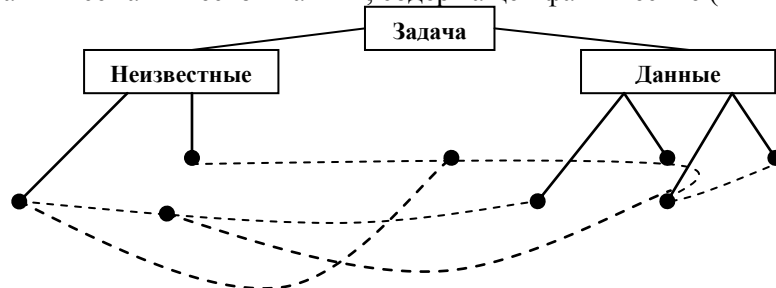
Физический уровень составляют неявные знания об окружающем мире. Они связаны с мысленными образами явлений внешнего мира, сформировавшимися на основе личного опыта и фактов. Образы физических процессов, явлений и объектов связаны с ассоциациями, обусловленными субъективными представлениями об этих процессах. Множество неосознаваемых характеристик, реальных и ассоциированных связей создают основу, на которой формируется мысленный образ физического объекта.

Решение учебных физических задач как когнитивный процесс

Учебные задачи являются важнейшим аспектом академического и любого инновационного процессов обучения. В последнее время анализ этой учебной работы студентов привлекает пристальное внимание многих исследователей: не только педагогов, но и психологов. В методической литературе под учебными физическими задачами понимают специально подобранные упражнения, главное назначение которых заключается в изучении физических явлений, формировании понятий и развитии физического мышления. Физическая задача – это ситуация, требующая от студентов мыслительных и практических действий для достижения поставленной в задаче цели. В одних случаях эта цель достигается легко, в других – не очень. Легкость и трудность решения задач зависят от того, как учащийся анализирует условия заданий, как формирует всю систему внутренних отношений. Сложности на этом пути связаны, в основном, с неумением переводить вербальную и знаковую информацию в образную, с трудностями манипулирования образными репрезентациями, низким уровнем осмысления воспринимаемого, поверх-

ностной смысловой обработкой материала и, прежде всего, учебного текста и текста физических задач. Научить решать физические задачи – одна из сложнейших педагогических проблем. Ясно одно: учить решать физические задачи «по формулам» категорически нельзя.

В более широкой постановке вопроса решение задач – это один из высших когнитивных процессов, направленных на достижение поставленной конкретной цели. Процесс решения задач (математических, физических, логических и других) является давним предметом исследования когнитивной психологии. Новый интерес к этой сфере знания возник благодаря разработкам в области искусственного интеллекта. Процесс решения любой учебной задачи является очень сложным по структуре и перечню действий, которые необходимо совершить ученику или студенту для получения результата или ответа на поставленный вопрос. Успешность решения любой задачи определяется качеством ее ментальной модели, на построение которой тратится основная часть времени. Так, в ряде работ процесс решения задач связывают как с факторами памяти, так и со структурой семантических полей. В модели Грино [13] решение рассмотрено как уникальная форма обработки воспоминаний с образованием новых связей. На рис. 2 схематично изображен процесс решения задачи. Он включает в себя два этапа: построение когнитивной сети, представляющей задачу (сплошные линии), и построение набора отношений, связывающих элементы задачи с сетью решения (пунктирные линии). Первый этап происходит в рабочей (оперативной) памяти, содержащей также упорядоченный список переменных и неизвестных. Второй этап – в семантической памяти, содержащей фактические (явные) знания.



Р и с. 2

Эта модель, видимо, в большей степени применима к описанию процесса решения жестко структурированных задач. В отличие от них любая физическая учебная задача отличается многообразием задействованных в условии объектов, сложностью их связей и развитым сюжетом. При первом чтении ее условия ни структура самой задачи, ни ее цель, ни внутренние связи не являются очевидными и однозначно определенными.

Более полувека назад П.А.Знаменский в «Методике преподавания физики» писал, что учащийся должен проводить детальный «анализ содержания задачи с целью выяснения ее физической сущности и отчетливого представления тех физических явлений, о которых идет речь». В процессе осмысления учебного текста учащийся осуществляет целый комплекс когнитивных операций, поэтому проблема понимания учебного текста является актуальной как для когнитивной психологии, так и для педагогики [14, 15]. Процесс понимания или осмысления текста проходит в несколько этапов.

1. Вычленение из текста знакомых или узнаваемых терминов и понятий; использование этих терминов в качестве ключевых или опорных для формирования общего смысла задачи и определения, решалась эта задача ранее или нет [16]. Эта стадия понимания – узнавания является одним из важнейших компонентов процесса ее решения и составляет основу понимания структуры задачи в целом. На этой стадии строится сложнейшая сеть ассоциированных понятий, образов и отношений. После этого начинается анализ и осмысление рассмотренных в задаче физических процессов или работы механизмов.

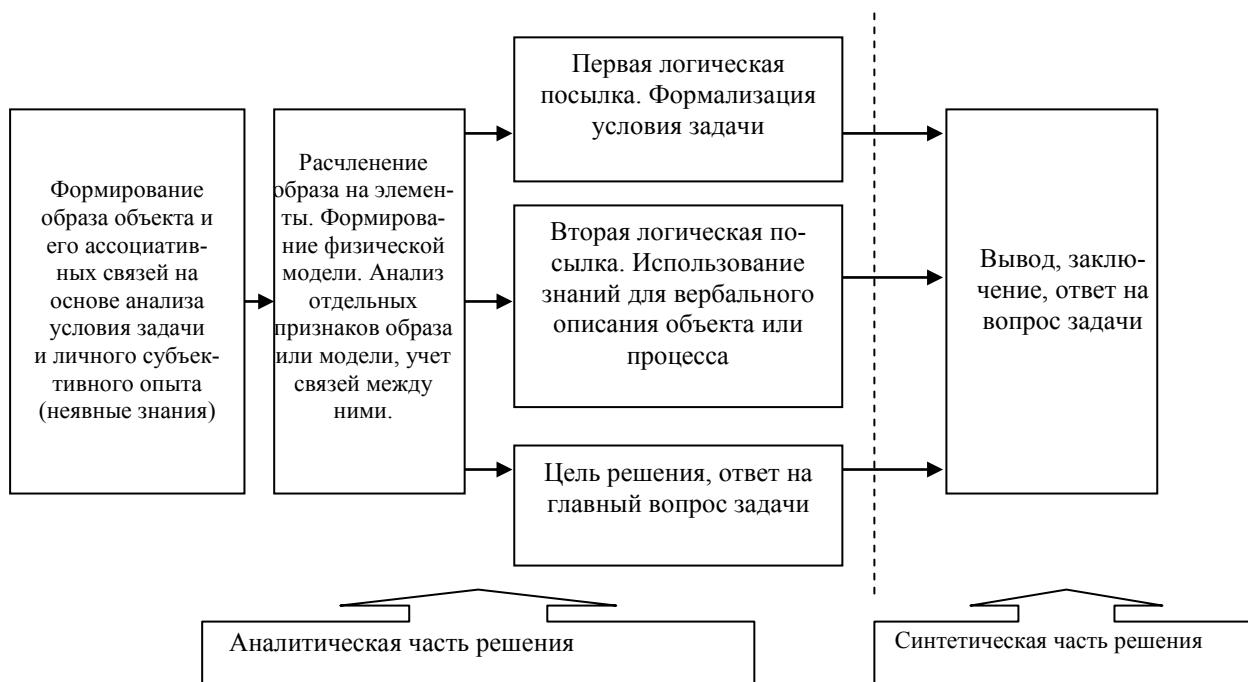
Установление связей между ключевыми понятиями задачи и формирование образа описанного физического процесса или явления (понимание – объединение).

Образы физических объектов делятся на два типа: репродуктивные и образы воображения [17]. Репродуктивные или визуальные образы – это образы, связанные с памятью. Экспериментальные исследования [13] показывают, что мысленные и визуальные образы (воспроизведенные и мысленно генерируемые) по сложности формы и структуры эквивалентны реальным перцептивным образам. Образы воображения – это образы, формируемые на основе текстового

описания, изображения, схемы, формул или других знаков. Их формирование в процессе осмысления протекает под влиянием контекста, т.е. тех внутренних связей или условий, которые прямо в тексте не описаны, но неявно присутствуют. Понимание текста и контекста задачи так же важно, как и создание образных представлений рассмотренных физических процессов. Если этого нет, то ход и последовательность решения задачи будут формироваться в условиях неопределенности или отсутствия исходных данных. Мышление не терпит неопределенности, и отсутствующие связи и пустоты обязательно заполняются другими, в том числе ошибочными или несуществующими в действительности. Этот механизм замещения по своей природе является ассоциативным. На этом этапе решения задачи образное мышление становится особенно важным. Оно проявляется в анализе отдельных элементов модели и в неявном учете их ассоциативных связей с другими признаками, в том числе не поддающимися непосредственному наблюдению. Это могут быть ассоциации по близости в пространстве или времени, функциональному сходству или контрасту (признаки – отрицания). Прямые ассоциации определяются левополушарной активностью, но сложные и, на первый взгляд, малосвязанные ассоциативные образы порождаются правым полушарием [18].

Чем сложнее задача, тем большее число ключевых элементов должно быть задействовано в ее ментальной модели. Если количество элементов, необходимых для представления задачи, превышает некоторый порог, названный В.Н. Дружининым [22] «когнитивным ресурсом», субъект не способен построить адекватную модель задачи. Она обязательно будет неполной в каких-либо существенных деталях.

После формирования образа физического процесса, описанного в задаче, дальнейшее решение строят на основе аналитико-синтетического подхода:



Р и с. 3

Направленность самых первых действий студента при решении задачи во многом определяется наличием у него образного представления о рассматриваемом физическом явлении. При его отсутствии решение задачи обычно строится на основе формул, использование которых основано на ассоциациях по внешним, формальным признакам. При сформированности мысленного образа задачи внутренняя репрезентация физического процесса, явления или объекта, образующаяся при решении, очень субъективна. Она окрашена у разных учащихся ассоциациями, обусловленными литературными сведениями и накопленным личным опытом. Ее сложность и адекватность действительности определяется возрастными особенностями учащихся. Школьники 9-10 классов и студенты 2 курса инженерных специальностей физические задачи решают по-разному. Но у большинства учащихся с развитым пространственным и образным мышлением решение появляется в форме инсайта (внезапного осознания связей между элемен-

тами задачи). Самым поразительным в этот момент является стремительный процесс перехода учащегося из состояния непонимания сути задачи к состоянию полной ясности условия и решения. Неожиданно возникшее решение задачи, или, по представлению К.Г.Юнга, «спонтанность мыслительного акта связана, в основном, с бессознательным» [19]. Интуиция, являющаяся отражением неосознаваемого личного опыта, довольно тесно связанная с образным мышлением, играет значительную роль в формировании стратегии и плана решения задачи. Само же решение разворачивается в семантическом пространстве. Качество решения задачи и его глубина определяются количеством ассоциированных физических понятий и уровнем их усвоения и, конечно, зависят от уровня компетенции студента в области знаний физики. Богатство и разнообразие семантических связей различных элементов задачи может быть выявлено с помощью ряда диагностических методов, например, метода свободных ассоциаций. Даже упрощенное его использование позволяет провести экспресс-диагностику того круга понятий, которым оперирует учащийся. Более детальный анализ ассоциированных слов дает также информацию о преобладающем типе мышления

Роль когнитивных стилей в успешности решения физических задач

В последнее время для контроля усвоения учебного материала учащимися и студентами по тем или иным темам все чаще используют тесты. Успешность ответов на вопросы далеко не всегда определяется уровнем подготовленности тестируемого. Выбор стратегии решения и формирование его последовательности зависят, прежде всего, от индивидуальных способов переработки информации, получивших название когнитивных стилей [20]. Дискуссия о классификации стилей, их взаимном влиянии и связи с интеллектуальными способностями не окончена до сих пор. Среди всех когнитивных стилей наиболее важным и наиболее изученным является стиль, названный полезависимостью – полenezависимостью [21]. Носители полезависимого стиля не способны расчленять воспринимаемый материал, с трудом преодолевают его влияние и поэтому попадают в зависимость от него как от целого. Полenezависимые учащиеся способны выделять части организованного целого поля в структуре другого. Степень зависимости или независимости от поля определяют с помощью следующих методик: тест стержня и рамки (Rod-and-Frame Test, RFT), тест ориентации в пространстве (Body Adjustment Test, BAT), тест включенных фигур (Embedded Figures Test, EFT), тест спрятанных паттернов и несколько других тестов. В тесте стержня и рамки задача испытуемого, работающего в абсолютно темной комнате, заключается в нахождении «вертикального» (с точки зрения испытуемого) положения светящегося наклоненного стержня, укрепленного внутри светящейся наклоненной рамки. При этом рамка остается в наклонном (невертикальном) положении, т.е. ее стороны не образуют вертикали относительно схемы тела испытуемого. Полenezависимые испытуемые успешно справляются с задачей вне зависимости от положения рамки. Напротив, полезависимые испытуемые находятся «в плену» положения рамки, т.е. не могут справиться с задачей установки стержня в вертикальное положение. При предъявлении теста включенных фигур испытуемому дается задача нахождения простой фигуры, включенной в сложную фигуру. При этом время решения фиксируется. Испытуемые, которым требуется больше времени на обнаружение включенной фигуры, классифицируются как полезависимые. В ряде работ различия этих стилей связаны с особенностями организации памяти и внимания. Так, полезависимый стиль, видимо, определяется быстрым исчезновением следов кратковременной памяти и статичностью состояний внимания [20]. При решении физических учебных задач эти стилевые различия влияют, прежде всего, на работу с текстом условия задачи. Полenezависимые учащиеся и студенты существенно более успешны в осмыслении текста, его смысловой перестройке и формировании когнитивной структуры задачи. Более поздние исследования показали существенную неоднородность представителей этого когнитивного стиля.

Заключение

Обучение физике можно рассматривать как когнитивный процесс формирования репрезентаций (отражений) физических процессов, объектов и явлений, а также связей между ними в сознании изучающего их субъекта. Формирование репрезентаций физических явлений и процессов происходит на основе когнитивных схем восприятия. Конкретные знания о фактах и законах должны усваиваться на основе этих общих схем. Формирование таких когнитивных

структур должно быть признано главной задачей обучения. Под когнитивными структурами понимают внутренние системы представления знаний. Они образуют основу динамических процессов анализа, синтеза, абстракции и обобщения. Когнитивные структуры, репрезентирующие физические знания, являются сложными. В них схематически обобщены основные физические явления, свойства объектов, способы их изменения, физические законы и т.д. Самым эффективным средством формирования когнитивных структур являются учебные задачи. Процесс решения любой учебной задачи является развитым по структуре и перечню действий, которые необходимо совершить студенту для получения результата или ответа на поставленный вопрос. Успешность решения любой задачи определяется качеством ее ментальной модели, на построение которой тратится основная часть времени. Чем сложнее задача, тем большее число когнитивных элементов должно быть задействовано в ее ментальной модели. Если количество элементов, необходимых для представления задачи, превышает некоторый порог, названный «когнитивным ресурсом», субъект не способен построить адекватную модель задачи. Успешность решения задач определяется уровнем подготовленности учащегося и зависит от индивидуальных способов переработки информации, получивших название когнитивных стилей. Среди всех когнитивных стилей наиболее важным при решении задач является стиль, названный полезависимостью – полнезависимостью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Требования (федеральный компонент) к обязательному минимуму содержания и уровню подготовки бакалавра и дипломированного специалиста по циклу «Общие математические и естественно-научные дисциплины» в государственных образовательных стандартах второго поколения. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та печати, 2000. С. 11.
2. *Суходольский Г.В.* Основы психологической теории деятельности..
3. *Бершадский М.Е.* Основы когнитивного обучения физике // Школьные технологии. 2002. №6. С. 3-26.
4. *Брунер Дж.* Психология познания. М.: Прогресс, 1977.
5. *Локалова Н.П.* Психодиагностика трудностей в обучении и их преодоление // Вопросы психологии. 1998. №5. С. 130.
6. *Рубинштейн С.Л.* О мышлении и путях его исследования. М.: АН СССР, 1958. С. 148.
7. *Атаханов Р.* Математическое мышление и методики определения уровня его развития. Москва-Рига, 2000. С. 208.
8. *White M.A.* The Third Learning Revolution // Electronic Learning. 1988. V. 7. No. 4.
9. *Eysenk M.W., Kean M.T.* Cognitive Psychology. A student's handbook. 1997.
10. *Clark J.M., Paivio A.A.* Dual Coding Perspective on Encoding Processes / McDaniel M., Pressley M. (Eds). Imagery and related Mnemonic Process. Theories, individual Differences and Applications. 1987. P. 5-33.
11. *Александров И.О., Максимова Н.Е. и др.* Комплексное исследование структуры индивидуального знания // Психологический журнал. 1999. Т. 20. №1. С. 49–69.
12. Практический интеллект / Р.Дж. Стернберг, Дж.Б. Форсайт др. СПб.: Питер, 2002. 272 с.
13. *Солсо Р.Л.* Когнитивная психология / Пер. с англ. М.: Тривола. 1996. 600 с.
14. *Доблаев Л.П.* Смысловая структура учебного текста и проблемы его понимания. М., 1982.
15. *Знаков В.В.* Основные направления исследования понимания в зарубежной психологии // Вопросы психологии. 1986. №3.
16. *Кудрина Т.С.* Уровни понимания учащимися смысла задачи // Научно-практические проблемы школьной психологической службы. М., 1987.
17. *Зинченко Т.П.* Когнитивная и прикладная психология. М., 2000.
18. *Андерсон Д.Р.* Когнитивная психология. СПб.: Питер, 2002. 496 с.
19. *Юнг К.Г.* Психологические типы. СПб.-М.: Ювента, Прогресс-Универс. 1995.
20. *Холодная М.А.* Когнитивные стили: О природе индивидуального ума. М.: ПЕРСЭ, 2002. 304 с.
21. *Witkin H.A., Goodenough D.R.* Cognitive styles: Essence and origins. Field dependence and field independence. N. Y., 1982.
22. *Дружинин В.Н.* Когнитивные способности: структура, диагностика, развитие. М.: ПЕРСЭ, 2001. 224 с.