

## Модели и моделирование при решении учебных качественных физических задач

Решение качественных задач является достаточно сложным методическим процессом, который непросто организовать и в дальнейшем управлять им. Поэтому при использовании качественных задач мы сталкиваемся с необходимостью моделирования различных процессов – от физических до психологических.

Решение любой учебной задачи представляет собой процесс последовательного прохождения основных этапов структуры действий. Однако для качественных задач не существует строгой логической структуры, алгоритма действий. Поэтому мы можем говорить лишь о моделировании действий субъекта, решающего качественную задачу. В то же время, с точки зрения дидактики, не всегда нужно именно решать задачу, доводя её до логического завершения, иногда достаточно привести аргумент, догадку; вспомнить элемент знания, построить модели и т.п. Поэтому будет более правильным применять вместо понятия “решение качественных задач” – понятия “работа с качественными задачами” или “использование качественных задач”. Только, исходя из такой более общей концепции, можно правильно организовать учебную работу учащихся и работу по развитию мышления и творческих способностей. Но так как действия педагога имеют большую неопределенность, то создать алгоритм мы также не можем, поэтому вновь приходится говорить *о моделировании действий учителя* по использованию качественных физических задач в образовательном процессе.

Чтобы решение качественных задач было наиболее эффективным учитель должен *моделировать* не только свои действия, но и *действия ученика*. Он предвидеть ошибки ученика и пути их преодоления, предугадывать возможные вопросы и варианты решений.

А так как в условии качественных задач мы обычно имеем дело с реальными объектами и явлениями, поэтому при решении не обойтись без моделирования *реальной ситуации и использования физических моделей*. При решении простых задач моделирование обычно происходит неосознанно, подсознательно отбрасываются лишние детали, выделяются нужные объекты или явления, припоминаются необходимые формулы, свойства и закономерности. В сложных же задачах такое спонтанное решение не всегда приводит к желаемому результату. Так же в виду многогранности реальных процессов их моделирование оказывается не только сложным, но и неопределенным, вариативным – задачу можно решать в рамках разных моделей и получать различные ответы.

Как же обстоит дело с использованием модельных представлений при решении качественных задач в **реальной практике обучения физике**? Что касается моделирования педагогической деятельности учителя по использованию качественных задач и познавательной деятельности ученика по их решению, то данный вопрос в методической литературе и диссертационных исследованиях практически не разработан и представлен частными разработками использования конкретных задач в основном на внеклассных мероприятиях. Несколько более исследовано моделирование деятельности субъекта по решению качественных задач. Различными исследователями, в основном это психологи, были

предложены разнообразные структуры для решения качественных задач определенных типов. Однако на практике эти структуры оказались нежизнеспособными. В этом плане интересны данные, полученные нами при опросе учителей физики Кирова и области в 2000 году. Анализ анкет показал непонимание учителями процессов решения качественных задач, при высокой самооценке учителей собственных умений решать качественные задачи (19% опрошенных считали, что они умеют решать качественные задачи), 75% признались, что при решении встречаются некоторые затруднения, и всего лишь 6% учителей сталкиваются с серьезными проблемами; выбор "Не умею решать" не сделал никто. В то же время никому не удалось назвать методы и приемы решения качественных задач, а выделить этапы решения смогли только 44% учителей. Таким образом, учителя школ не имеют представления о разработанных моделях решения качественных задач и не используют их на практике. И учителя, и ученики решают такие задачи интуитивно, не имея плана действий. В то же время, как показали наши исследования, такой интуитивный подход возможен только при решении простейших задач.

Чтобы оценить влияние решения качественных задач на формирование модельных представлений и навыков моделирования при решении задач, нами было выделено четыре уровня умения идеализировать реальную ситуацию: 1) непонимание модельного характера рассмотрения явлений; 2) смутное представление о моделировании и неумение использовать модели при решении задач; 3) правильное представление моделей, но затруднения в их использовании на практике; 4) хорошее понимание процессов идеализации и умение их использовать. Для оценки сформированности данного умения в контрольных тестах учащимся предлагались задания, в которых было описано некоторое реальное физическое явление и требовалось предложить модели для рассмотрения этого явления при разных условиях.

**Таблица 1.**

Номер теста	Экспериментальные классы			Контрольные классы		
	1	2	3	1	2	3
<b>Уровни сформированности понятия "модель" и умения идеализировать реальную ситуацию</b>						
1. Непонимание модельного характера рассмотрения явлений	75%	66%	62%	86%	82%	91%
2. Смутное представление о моделировании и неумение использовать модели при решении задач	22%	29%	31%	5%	18%	3%
3. Правильное представление моделей, но затруднения в их использовании на практике	3%	5%	6%	0%	0%	0%
4. Хорошее понимание процессов идеализации и умение их использовать	0%	0%	1%	0%	0%	0%

Результаты исследования (табл. 1) показали, что учащиеся восьмых классов (как общеобразовательных школ, так и школ с углубленным изучением физики) плохо понимают модельный характер изучения физических явлений, не умеют использовать известные физические модели и создавать новые. С нашей точки зрения, это связано в первую очередь с тем, что в курсе физики основной школы уделяется мало внимания данному вопросу: практически не рассматри-

ваются конкретные примеры физических моделей и процессы моделирования посредством абстрагирования от несущественных деталей и свойств. В школах и классах с углубленным изучением физики при обсуждении изучаемых тем учащиеся показали некоторое понимание модельного характера физических знаний, хотя при решении и качественных и количественных задач большинство учеников не использовали моделирование, работая непосредственно с телами и явлениями, заданными в условии задачи. К такому же выводу пришли и другие исследователи (А. В. Коржуев, И. В. Гронская и др.).

С нашей точки зрения, ученики привыкли использовать только стандартные модели: материальная точка, точечный заряд и т.п. Если ученики, решая количественную задачу, часто используют модель, рассмотренную на последних уроках (например, находят силу отталкивания электрических зарядов по закону Кулона, не задумываясь о том, что он выполняется только для точечных зарядов), то при решении качественных задач возникает необходимость создания своей, «нестандартной» модели. А чтобы ее получить, нужно внимательно проанализировать условие задачи. Таким образом, качественные задачи являются одним из наиболее эффективных средств обучения учащихся мысленному моделированию, так как требуют не формального применения ряда известных моделей и формул, а осмысления задачной ситуации и возможности ее идеализации – выбора модельного описания явления.

Исследование, проведенное нами в 2002-2004 годах среди учащихся 9-11 классов Кировского физико-математического лицея позволяет сделать выводы о следующих причинах неумения использовать модельный подход при решении физических задач: а) объективная сложность восприятия понятия «физическая модель»; б) ситуативное, бессистемное использование физических моделей при изучении теории и решении задач; в) неправильная организация работы по решению физических задач.

Поясним последний вывод. В количественных задачах уже в условии заложены принципы идеализации физической ситуации, поэтому задачная ситуация представляется более простой, чем реальная – освобождена от многих деталей, мешающих увидеть необходимую для решения задачи закономерность. Для этого в условии количественных задач вводятся дополнительные элементы, искусственно отсекающие связи данного физического явления с другими явлениями, указывающие на малость некоторых воздействий, которыми можно пренебречь. Таким образом, количественная физическая задача в той или иной степени представляет собой задачу об абстрактном, идеализированном явлении, в большинстве случаев, модель либо уже определена условием, либо выбор модели не имеет принципиального значения. Ученик работает с теми объектами, которые указаны в задаче, не различая модели и физические тела. Ученики ко всем объектам, и к идеальным (модели) и к реальным, относятся как к физическим телам. При этом большинство учеников не видят различия в формулировках: «движется автомобиль массой 500 кг» или «движется материальная точка массой 500 кг». Отсюда и возникают ошибки в ситуациях, когда выбор формулы определяется выбором модели. Самыми распространенными являются ошибки, когда ученики записывают формулу закона Кулона, не обращая внимания на то, какие заряды взаимодействуют (точечные заряды или, например, пластины заряженного конденсатора) или формулу второго закона Ньютона для

твёрдого тела, которое нельзя представить материальной точкой (механика вращательного движения твёрдого тела).

В качественных задачах дело обстоит иначе. Здесь в условии описывается реальная ситуация со всем многообразием второстепенных объектов и взаимодействий. При этом реальные явления настолько сложны, что даже их качественное описание (не говоря уже о количественном) вызывает серьёзные и зачастую непреодолимые трудности. Учёт всех параметров, нужных для точного количественного решения, часто невозможен, что и обуславливает потребность в моделировании. Поэтому при решении качественных задач очень важно уметь абстрагироваться от реальности, пренебрегая несущественными деталями. Вот здесь и кроются “подводные камни”, ведь неправильный выбор модели приведет к неверному решению. Но, как показали наши исследования, кроме ошибок моделирования (необоснованного пренебрежения существенными факторами) встречаются и так называемые “ошибки”, связанные с неоднозначностью идеализации. Вообще говоря, часто в одних и тех же случаях могут быть использованы модели разных, а соответственно, и, возможно, получение разных ответов. В некоторых задачах бывает сложно качественно оценить “вклад” различных факторов влияния без их количественного анализа, и в случае “конкурирующих эффектов”, один лишь качественный анализ не всегда позволяет понять, что преобладает и какими взаимодействиями можно пренебречь.

**Рассмотрим на примере одной задачи**, как влияет на решение и ответ различный выбор моделей явления: *«В закрытом сосуде на поверхности воды плавает деревянный шарик. Как изменится глубина погружения шарика, если плотность воздуха над водой увеличится?»*. Шарик взаимодействует с водой, Землей и воздухом. Сложнее всего разобраться с тем, как шарик взаимодействует с воздухом. Ученики часто считают, что воздух, оказывая давление на шарик, “вдавливает” его в воду. Отсюда вытекает и ошибочное решение: с увеличением плотности воздуха, его давление на шарик возрастает, а значит, увеличивается и глубина погружения шарика. Однако не стоит забывать, что такое же давление оказывается на поверхность воды и по закону Паскаля передается и на подводную часть шарика. В таком случае изменение давления воздуха не может повлиять на глубину погружения шарика. Но со стороны воздуха на все тела действует сила Архимеда. Сразу же возникает вопрос: нужно ли ее учитывать, ведь известно, что эта сила, действующая на небольшие тела, имеет очень малые значения. Поэтому возможны два варианта решения и соответственно два ответа. Если пренебречь выталкивающей силой воздуха, то получим, что глубина погружения шарика не изменится. Если же учитывать выталкивающую силу, которая при увеличении плотности воздуха возрастает – глубина погружения шарика уменьшится.

Как относится к таким разным решениям? По нашему мнению, оба решения можно считать правильными: в первом случае использовалась грубая модель, во втором случае более точная. Но экспериментальная проверка подтвердит именно первое решение. Глубина погружения шарика изменится на столь малую величину, что это трудно зарегистрировать. В то же время любое из этих решений нельзя считать точным, так как мы не учли сжимаемость воды, шарика и некоторые другие факторы, которые могут являться определяющими.

Таблица 2

Этапы	Действия ученика	Действия учителя
I. Анализ текста задачи	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чтение текста задачи.</li> <li>2. Разъяснение смысла терминов и некоторых выражений.</li> <li>3. Конкретизация вопроса задачи, упрощение, переформулировка.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Заострение внимания на некоторых словах и фразах (термины, прилагательные и т.д.)</li> <li>2. Разъяснение смысла терминов.</li> <li>3. Указание на необходимость конкретизации вопроса.</li> </ol>
II. Анализ задачной ситуации	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выделение объектов.</li> <li>2. Построение схематического рисунка.</li> <li>3. Выделение пар объектов, сопоставление им взаимодействий.</li> <li>4. Анализ взаимодействий, выделение наиболее важных, построение модели явления.</li> <li>5. Анализ характеристик данной модели.</li> </ol>	<p>Выделение объектов и анализ их характеристик. Выделение взаимодействий между телами. Распознавание физического явления. Анализ характеристик взаимодействующих тел.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Какие необходимы условия для протекания данного явления? Выполняются ли эти условия в данной ситуации.</li> <li>• До каких пор протекает явление? Каковы причины и условия его завершения?</li> </ul> <p>К каждому утверждению в решении задаем вопросы типа «Почему», «Откуда это следует?» и т.п.</p>
III. Решение	Посредством синтеза полученных сведений делается вывод в соответствии с требованием задачи. Далее записывается логически связанное решение.	Проверка логичности и обоснованности решения.
IV. Проверка и анализ ответа и решения	<p>Оценка правдоподобности ответа и его соответствия данным задачи. Выбор оптимального решения.</p> <p>Проверка допустимости используемой модели, анализ влияния «отброшенных» факторов.</p> <p>Поиск другого варианта решения.</p>	<p>Возможные вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Возможна ли такая ситуация? Как она соответствует известным житейским фактам?</li> <li>• Можно ли подтвердить справедливость ответа на опыте? Какой эксперимент можно поставить?</li> <li>• Делались ли при анализе и решении какие-либо допущения и пренебрежения? Правомерны ли они?</li> <li>• Нельзя ли решить задачу иначе?</li> </ul>

Также трудно говорить о формировании модельного метода познания физических явлений посредством использования качественных задач без построения моделей действий учителя и учеников по решению таких задач. Мы намеренно различаем модели действий учителя и ученика. Такое различие обусловлено в первую очередь разными целевыми установками. Цель действий ученика при работе с качественной задачей – получение правильного ответа. Учитель же не должен ставить перед собой в качестве главной цели решение конкретной задачи. Зачастую просто получение ответа не может дать никакого дидактического эффекта. Поэтому при использовании одной задачи (а тем более системы задач) необходимо преследовать целый спектр целей. Цели действий учителя по использованию качественных задач можно разделить на следующие группы:

– **Мотивационно-побуждающие.** Увлечь, заинтересовать ученика, мотивировать и активизировать дальнейшую познавательную деятельность.

– **Обучающие.** Повторение и актуализация полученных ранее знаний. Приобретение новых знаний.

– **Контролирующие.** Промежуточный (безотметочный) и итоговый контроль знаний, мониторинг достижений учащихся.

– **Развивающие.** Формирование логической, эвристической, алгоритмической и образной составляющих мышления и творческих способностей учащихся. В процессе систематического решения качественных задач планомерно формируются навыки умственного труда – осознание и постановка цели, планирование работы, поиск рациональных путей ее выполнения, критическая оценка результатов и самоконтроль, повышается уровень самостоятельности (списывание не эффективно), увеличивается интерес к знаниям вне программы.

– **Методологические.** Знакомство с оптимальной структурой действий по решению качественных задач. Формирование обобщенных умений решать любые физические задачи. Развитие навыков исследовательской деятельности учащихся – школьники учатся находить факторы влияния, выдвигать гипотезы, моделировать, проводить эксперименты.

Таким образом, чтобы наиболее полно реализовать дидактический потенциал качественных задач необходимо провести: а) прогнозирование целей использования выбранной задачи; б) подбор «удачной задачи»; в) моделирование действий всех субъектов процесса решения.

В идеале можно говорить не о подборе, а о конструировании задач по заданным критериям. Вообще составление задач является полезным упражнением не только для учителя, но и для учеников. Моделирование задач – это содержательный анализ условий известных задач, связанный с планированием и рефлексией. Овладение моделированием задач означает усвоение учащимися важного учебного действия, связанного с построением частных задач, решаемых общим способом.

Для грамотного моделирования педагогической деятельности по использованию качественных задач нужно также знать **структуру действий по их решению** или **деятельностную модель решения** (табл.2).

В целом, по нашему мнению, для обучения учащихся решению физических задач, формирования модельного подхода к изучению физических явлений в перспективе необходимо выполнение следующих задач:

#### **Основная школа**

- Учеников также необходимо знакомить с обобщенными структурами решения физических учебных задач. Но разбор таких структур должен осуществляться на примере решения сложных задач. Причем каждое отдельное умение требует специальной отработки.

- Нужно шире и систематичнее использовать в школьном курсе физике качественные задачи, самостоятельное составление (моделирование) учащимися задач на заданную тему или ситуацию.

- Необходимо уже на первой ступени обучения знакомить учащихся с простейшими физическими моделями.

### **Средняя школа**

- Любые физические задачи должны не только подразумевать знание формул, но и умение выделять необходимые объекты и строить модели реальной ситуации. Для этого нужно больше решать сложных задач, особенно задач с неопределенным выбором моделей (разные варианты моделирования).

- Знакомить учащихся с методологией научного познания, с механизмами решения современных научных проблем.

### **Вузовская подготовка.**

- В программы педагогических вузов нужно обязательно включить разделы, связанные с моделированием различных элементов педагогической деятельности.

- Будущих учителей физики необходимо знакомить с обобщенными структурами решения физических учебных задач.

### **Институты переподготовки педагогических кадров.**

- Подготовка педагогов к моделированию и проектированию своей педагогической деятельности (составление моделей уроков, моделей работы с конкретной задачей и др.).

- Отработка навыков составления (моделирования) задач на заданную тему с определенными дидактическими целями.

- Знакомство с обобщенными структурами решения физических учебных задач. Отработка умений и навыков по решению учебных задач (на примере незнакомых задач).