

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭКСПЕРИМЕНТА, ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ
В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКО-ОРИЕНТИРОВАННОМ ОБУЧЕНИИ
В ПЕДАГОГИЧЕСКОМ ВУЗЕ**

Дается анализ роли и предлагаются методические подходы к формированию у студентов умений соотносить эксперимент, теорию и практику в контексте исследовательско-ориентированного образования.

I. Khinich

**INTERRELATION OF EXPERIMENT, THEORY AND PRACTICE
IN RESEARCH-ORIENTED STUDY AT TEACHERS TRAINING UNIVERSITIES**

Methodological approaches to building up students' skills in correlating experiments, theory and practice in the context of research-oriented education are proposed. The importance of these skills is analyzed.

Современной концепции образования отвечает метод обучения, при котором учебный процесс строится таким образом, что по структуре и содержанию деятельности он моделирует реальное научное исследование. Ключевыми же формами научного познания были и остаются эксперимент и теория. Степень освоения и действенность знаний об их взаимосвязи между собой и практикой в значительной степени определяют уровень сформированности методологической культуры выпускника вуза. Владение умениями сопоставлять эксперимент и теорию, делать на этой основе значимые для науки и практики выводы являются необходимыми условиями достижения важнейшей цели естественнонаучного образования — формирования понимания на всех его уровнях: объяснения, описания и прогнозирования явлений.

В дидактике различают познавательную деятельность учащихся, овладение ими в совместной деятельности с преподавателем системой знаний, умений и навыков (учебное познание) и познавательную деятельность научных работников (научное познание). Между этими двумя формами познания существуют известные различия. Во-первых, в науке

познается объективно новое, еще не известное, а в обучении — главным образом, субъективно новое, т. е. новое только для познающего учащегося. Во-вторых, источником знания научного работника является природа, модели её объектов и явлений, а основным источником знаний учащихся выступает учебный материал. В-третьих, у научного работника и учащегося — различные «стартовые условия»: уровень подготовки, вооружённости методами и средствами познания. Наконец, различаются пути научного и учебного познания. В научном познании многое определяется личностью исследователя, его приверженностью к определённому стилю и методам деятельности. Важную роль здесь играет и случайность, так что для «траектории» научного поиска характерны зигзаги. Учебное же познание направляется преподавателем, который, зная предмет и руководствуясь программой обучения, ведёт учащихся к знаниям наиболее коротким путём.

Указанные и другие различия научного и учебного познания привели ряд авторов к их противопоставлению¹. Эта позиция прослеживается, например, во многих действующих программах и в

учебниках физики. Сложившееся положение выразительно охарактеризовано в работе Л. Э. Генденштейна²: «Сегодняшний школьник, читая учебники, лишён радости открытия — самого животворного источника интереса. Ему не дают возможности сначала догадаться, а потом доказывать... Нынешние учебники похожи на собрание отгадок на незагаданные загадки. Без вопросов ответы бесполезны. Для них не подготовлена почва, и они падают как семена на асфальт. Чтобы «облегчить» учебник, за борт выбрасывается именно то, что делает новое знание интересным — динамика знания. Не только вопросы порождают ответы, но, что ещё более важно, ответы порождают новые вопросы. Искусство затушёвывания этих вопросов, «заметания мусора под ковёр» (по выражению Р. Фейнмана) достигло в наших учебниках высокого уровня... Пренебрежение важным приёмом развития темы в нынешних учебниках обусловлено стремлением сказать «понемногу обо всём». В результате это «всё», о котором говорится до обидного «немного», не затрагивает ученика, оставаясь чуждым для него».

Вместе с тем существует и другой, качественно отличный взгляд, в котором акцентируется внимание на общности механизма формирования знания. В основе здесь лежит утверждение гносеологии о том, что познание объективно нового и субъективно нового подчиняется одним и тем же законам (принципам) формирования знания³. Как научное, так и учебное познание есть отражение в сознании объективной реальности (материи, природы). Так, общим объектом познания исследователя-физика и учащегося является физическая реальность, а общим предметом познания — физические явления, процессы, поле, вещество, его структурные элементы (молекулы, атомы, электроны и т. п.). Методы и приемы познания, применяемые в обуче-

нии, имеют сходство с научными методами и приемами, так как «умственная деятельность везде является той же самой, на переднем крае науки или в третьем классе школы; различие здесь в степени, а не в роде»⁴. В процессе учебного познания, как и научного, возникают проблемы, которые приводят к выдвижению гипотез, истинность или ложность которых затем проверяется.

Выбор предметного содержания физики для рассмотрения в настоящей работе обусловлен фундаментальным характером и развитостью методологии исследований в этой области знаний. Методика обучения физике на современном этапе должна в значительной степени основываться на концепции исследовательского обучения. Суть этого подхода состоит в построении учебного процесса таким образом, что он позволяет моделировать основные элементы научного исследования в последовательности и пропорциях, отвечающих реальному положению дел в науке. Важнейшая цель исследовательско-ориентированного обучения состоит в развитии у студентов физического мышления, лежащего в основе физических исследований. Согласно этой концепции, впервые сформулированной А. А. Самарским⁵⁻⁸ и развитой применительно к физическому образованию А. С. Кондратьевым⁹⁻¹², образование выступает как учебная модель науки. «Современная парадигма теории обучения физике, — пишет А. С. Кондратьев, заключается в фундаментальном характере сообщаемых знаний и в превращении учебного процесса в конкретную реализацию учебной модели научного исследования... Содержание образования при этом от чисто информационного смещается в сторону методологического»¹³.

С другой стороны, исследовательско-ориентированное обучение — это ответ на вызов времени. Существует целый ряд

факторов, диктующих его необходимость. Во-первых, физика к настоящему времени столь развита и продолжает столь быстро развиваться, что содержание учебных курсов принципиально не способно поспевать за наукой. Господствовавший в физическом образовании принцип, согласно которому будущий специалист в процессе обучения должен в определенной мере повторить весь путь развития физики, оказывается недостижимым. Разрыв между содержанием науки и учебной дисциплины все более возрастает. Совершенно ясно, что в настоящее время, когда объем знаний, накопленных в физике, многократно возрос, а реальная продолжительность обучения физике сокращается, необходим качественно иной подход к организации учебной деятельности. Основной ее целью становится овладение учащимися универсальными исследовательскими умениями и навыками. Речь идет об образовании, важнейшим показателем которого являются не сумма усвоенных конкретных знаний, а сформированность у учащихся умений и навыков самостоятельно приобретать знания в новой, незнакомой для них области.

Во-вторых, качественно изменился характер научных проблем, требующих своего решения. Если ранее для решения реальных задач бывало достаточно знаний одной какой-либо науки, то в настоящее время возникающие проблемы имеют, как правило, комплексный характер и требуют для своего решения проникновения в различные области знания, совместных усилий разных специалистов, объединенных одной целью и нуждающихся во взаимопонимании. Сказанное В. И. Вернадским в сороковые годы, что «мы специализируемся не по наукам, а по проблемам», становится особенно актуальным в настоящее время, когда перед человечеством стоят проблемы выживания в условиях эколо-

гических, социальных, технических кризисов.

В-третьих, в последние годы все более утверждается и расширяется подготовка на факультетах физики педагогических вузов профессиональных исследователей. Так, в ряде педагогических университетов России реализуется многоуровневая система образования, включающая в себя подготовку магистров физики, которые, в соответствии с предъявляемыми к ним требованиями, должны обладать способностями к самостоятельному проведению научного исследования на всех его этапах — от постановки задачи до определения перспектив практического использования полученных результатов.

Наконец, исследовательский характер организации учебной деятельности в значительной степени предопределяет социальную адаптируемость выпускника вуза в изменяющихся условиях, что является весьма актуальным в настоящее время. Если обучение имеет не только информационную, но и методологическую направленность и строится как процесс приращения и развития индивидуального опыта, учащийся не только сможет выйти на необходимый уровень знаний, но и активно осваивать социальные перемены и быть востребованным в динамично меняющемся мире.

Суммируя сказанное, можно утверждать, что исследовательский подход к организации физического образования открывает широкие возможности развития исследовательских способностей, что предопределяется самой логикой и методологией физики как науки, и призван повысить эффективность обучения во всех компонентах этого критерия: обученности, обучаемости и адаптируемости¹⁴. Единство методов научного и учебного познания указывает на возможность сопоставления в них характера взаимоотношений между методологическими понятиями эксперимента, теории

и практики. Рассмотрим сначала соотношение этих понятий в методологии науки.

Рассматривая взаимосвязь эксперимента и теории, можно отметить следующее: результаты эксперимента, с одной стороны, являются основой для формирования гипотез и теорий, осуществляемого индуктивным путем, а с другой стороны, позволяют установить истинность этих гипотез и теорий. Наконец, результаты эксперимента позволяют определить границы применимости теории и стимулируют тем самым создание новой, более общей теории. Теория же выполняет по отношению к эксперименту функции его объяснения, описания и прогнозирования. В общем случае, «в постоянном взаимодействующем сотрудничестве эксперимента и теории модель постепенно улучшается и достигается все большее приближение к действительности. Каждая новая или улучшенная теория побуждает при этом к проведению новых экспериментов и, наоборот, точный эксперимент, не полностью подтверждающий теорию, требует нового изменения или совершенствования теории»¹⁵.

Однако описанная схема, как и вообще любая схема, не отражает всей полноты и сложности взаимосвязей эксперимента и теории — действительность гораздо богаче схематичного описания. Если в схеме теоретическому познанию предшествует эмпирический этап исследования, то в действительности последовательность их может быть гораздо более разнообразной. Во-первых, это обусловлено относительной самостоятельностью теоретических знаний. Теория может не выводиться из экспериментальных данных чисто индуктивным путем, а конструироваться вначале априорно, как бы «сверху» по отношению к опыту, а затем накладываться на данные опыта и проверяться ими. История создания А. Эйнштейном теории относи-

тельности — выразительное проявление сказанного. В основе теории относительности — не только (и не столько) экспериментальные открытия, но и априорное понимание пространства, времени и движения. Во-вторых, реальное экспериментальное исследование с необходимостью включает в себя логические операции, присущие теоретическому исследованию. Так, уже постановка эксперимента предполагает наличие исходной гипотезы и определенных модельных представлений о явлении, а в процессе эксперимента исследователь осуществляет анализ, выделяя характерные для данного опыта результаты, синтез, группируя данные опыта по общим признакам, обобщение, вскрывая отношения между явлениями.

Сказанное позволяет сделать вывод о том, что эмпирические и теоретические научные знания взаимопроникают друг в друга. Наличие прямых и обратных связей между эмпирическим и теоретическим придает научному знанию динамику, делает его целостной системой. Еще один аспект обсуждаемой проблемы — экспериментальное доказательство справедливости теории. Подтверждение выводов теории результатами эксперимента, безусловно, является сильным аргументом в ее пользу, однако не является достаточным условием для принятия теории. Теоретические представления наряду с «внешним оправданием», т. е. подтверждением со стороны эксперимента, должны отвечать критерию «внутреннего совершенства» — быть логически непротиворечивыми, совместимыми с ранее утвердившимися представлениями, соответствовать концептуальным основам науки, быть достаточно простыми, красивыми и т. д.

Говоря о соотношении эксперимента и теории с практикой, необходимо отметить, что производство научных знаний как на эмпирическом, так и на теорети-

ческом уровнях необходимо для того, чтобы направлять и регулировать человеческую деятельность. Возникнув в силу потребностей практики, наука в конечном счете служит ее целям и задачам.

В отличие от научного познания, конечной целью которого является формирование нового знания, приобретаемое в учебном познании знание — средство развития личности: мышления, творческих способностей, исследовательских умений, политехнических знаний. Проанализируем дидактическое значение триады эксперимент—теория—практика в этом аспекте.

В основу мыслительного процесса входят следующие операции:

- сравнение — выделение общих и частных черт у объектов;
- анализ — мысленное разделение целого на части;
- синтез — объединение частей в целое;
- обобщение — выявление общих признаков, свойств;
- абстрагирование — выделение существенных признаков, важных в данных условиях, и отвлечение от несущественных, второстепенных.

Для того чтобы увидеть, насколько востребованными в понимании соотношения эксперимента, теории и практики оказываются указанные мыслительные операции, достаточно проанализировать один вид мыслительной деятельности — физическое моделирование, которое однозначно связывает эксперимент и теорию. В физическом моделировании с необходимостью присутствуют и оказываются востребованными все указанные мыслительные операции. Сам подход к разработке физической модели означает необходимость абстрагироваться, выделять существенное в интересующем явлении (свойстве) и пренебрегать второстепенным, очерчивая тем самым границы применимости модели.

Разработка физической модели с необходимостью включает в себя сравнение. Оно необходимо как на этапе разработки модели, когда исследователь оценивает, насколько предлагаемая модель адекватна реальности, так и на этапе экспериментальной проверки модели, когда ее прогнозы сравниваются с действительностью. Наиболее значима роль моделирования в развитии таких механизмов мышления, как анализ и синтез. Для формирования физической модели исследователь мысленно анализирует явление и выдвигает гипотезу его механизма. Здесь определяются предполагаемые процессы, лежащие в основе интересующего явления, их связь с особенностями строения объекта. Анализ необходим при переходе от физической модели к математической — при выборе (разработке) математического формализма, при составлении уравнений, при определении граничных условий и т. д. Различные свойства объекта могут описываться с использованием разных моделей, тогда для составления целостного представления об объекте необходим их синтез.

Важно отметить, что приобретение практического опыта физического моделирования способствует развитию основных качеств интеллекта¹⁶: ясности, логичности, глубины, широты, гибкости, самостоятельности ума. Остановимся на таком важном для исследователя свойстве мышления, как критичность. При разработке физической модели развиваются все важнейшие составляющие критичности мышления¹⁷: умение при столкновении с новым выделять существенное в нем, вскрывать ошибки и противоречия, анализировать порождающие их причины и изыскивать пути устранения.

Необходимым условием приобретения студентами исследовательских умений сопоставления эксперимента и теории и соотнесения их результатов с запросами практики при изучении физики является

взвешенное сочетание дедуктивного и индуктивного подходов, предполагающее самостоятельное получение студентом ключевых экспериментальных фактов, предваряющее их объяснение и описание; формирование представлений и понятий теории на основе экспериментального решения задач; экспериментальную проверку вытекающих из модельных представлений прогнозов.

Можно сформулировать ряд универсальных исследовательских умений, которые должны формироваться в процессе активной познавательной деятельности студентов.

1. Умение формулирования гипотезы (идейного замысла) и определения условий эксперимента, в котором изучаемое явление предстает в своих наиболее выразительных чертах и максимально возможно очищено от факторов, способных привести к ложным выводам. Как уже отмечалось, эксперимент в самой своей постановке с необходимостью опирается на определенные модельные представления.

2. Умение разработки (выбора) метода экспериментального исследования, адекватного поставленной задаче. Поиск и оценка точности метода эксперимента с необходимостью предполагают проведение предварительного теоретического анализа. Как отмечал А. Эйнштейн: «Не существует эмпирического метода без чисто умозрительных понятий и систем чистого мышления»¹⁸.

3. Умение выделить главное, отвлечься от несущественного, второстепенного на этапах анализа результатов эксперимента и формулирования необходимых для их интерпретации допущений. Здесь велико предметное осмысление того факта, что, говоря словами Ф. Андерсона, «очень часто упрощенная модель проливает больше света на то, как в действительности устроена природа явлений, чем любое число вычислений для различных кон-

кретных случаев, которые, даже если они правильны, часто содержат так много деталей, что скорее скрывают, чем проясняют истину. Возможность рассчитать, что-либо измерить может быть скорее помехой, а не преимуществом, так как часто то, что измеряется или рассчитывается, с точки зрения явления оказывается несущественным. В конце концов, идеальный расчет просто копирует природу, а не объясняет ее»¹⁹.

4. Умение формулирования гипотезы механизма явления, его физической модели. Этот момент часто есть результат интуитивного прозрения. Вместе с тем и здесь можно указать на необходимые исследовательские навыки в части умения делать правильные выводы, применять фундаментальные и базисные модели к объяснению экспериментальных фактов, использовать аналогии, проводить оценки характерных величин, оценивать их разумность, искать контраргументы (аргументы, подтверждающие правдоподобную гипотезу, и без того имеются), соизмерять предлагаемую картину явления с имеющимися знаниями о физике изучаемого объекта, критически анализировать последние.

5. Умение построения математической модели явления. Оно может осуществляться на различных уровнях строгости, разными путями, в зависимости от сделанных допущений и содержания гипотезы. Важным качеством исследователя при этом является чувство меры, позволяющее остановиться там, где возникающие при усложнении модели поправки не могут быть проверены экспериментально.

6. Умение реализации математического моделирования средствами вычислительного эксперимента. Последний по своему содержанию и структуре аналогичен натурному эксперименту и позволяет существенно расширить круг доступных для экспериментальных иссле-

дований явлений, обеспечить их адекватную, в силу полноты математической модели, интерпретацию^{20–24}.

7. Умение делать правильные выводы из сопоставления теории и эксперимента, формулировать вытекающие из модели следствия, допускающие экспериментальную проверку, в том числе значимые для практики. Существенное значение здесь имеет приобретение умений производить оценочные расчеты и приближительные вычисления.

Овладение исследовательскими умениями соотнесения эксперимента, теории и практики возможно лишь в активной познавательной деятельности студентов на определенной предметной основе, отвечающей ряду требований. Основными из них представляются следующие.

1. Высокий уровень научной и практической значимости, который необходим, в первую очередь, для мотивации, эмоционального возбуждения — двигателей творческого мышления человека.

2. Выразительная представленность всех форм научного знания и познания, их взаимосвязи.

3. Высокий уровень предметного материала в информационном (содержательном) и методологическом (процессуальном) аспектах.

4. Наличие общепринятых, устоявшихся концептуальных основ, фундаментальной, теоретической схемы — исходных принципов, универсальных для данной области знаний.

5. Предметный материал изучаемой области знания должен быть современным, включать в себя незавершенные в своем решении проблемы, допускать воз-

можность различных, даже альтернативных, подходов и толкований.

6. Связь предметного материала с общими знаниями, фундаментальными модельными представлениями физики.

7. Доступность для обучаемых с должным стартовым уровнем знаний и умений.

В физическом образовании всем этим требованиям отвечает, например, изучение физических основ твердотельной электроники^{25–26}. Широкие возможности такого предметного материала обусловлены важнейшей для него ролью экспериментальных исследований, общенаучным значением их методов и результатов, развитостью и непрерывным развитием модельных представлений теории, значимостью достижений теоретического и прикладного материаловедения, доступностью проведения многих ключевых экспериментов в вузовской лаборатории и возможностью моделирования в учебном процессе хода реального научного исследования. Без преувеличения можно сказать, что практически все области научной деятельности используют методы твердотельной электроники, а сама твердотельная электроника является одной из важнейших основ современной техногенной цивилизации. Важным моментом является и то, что физические основы твердотельной электроники изучаются на старших курсах вузов, когда уровень познавательных возможностей студентов должен быть достаточен для полноценного предметного освоения исследовательских умений соотнесения эксперимента, теории и практики.

Автор выражает благодарность С. Д. Ханину за обсуждение настоящей работы.

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ *Малинин А. Н.* Методология научного познания в постановке и решении учебных и физических задач // *Физика в школе.* 2000. № 5. С. 61–66.

² *Генденштейн Л. Э.* Анатомия интереса // *Проблемы школьного учебника.* М., 1988. Вып. 18.

³ *Лантев В. В.* Научное и учебное познание // *Актуальные проблемы обучения физике в школе и вузе: Международный сборник научных статей.* СПб., 2003. С. 5–9.

- ⁴ Брунер Дж. Процесс обучения. М., 1962.
- ⁵ Компьютеры и нелинейные явления // Сборник под ред. А. А. Самарского. М., 1988.
- ⁶ Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент / Под ред. А. А. Самарского. М., 1988.
- ⁷ Самарский А. А. Неизбежность новой методологии // Коммунист. 1989. № 1. С. 84–92.
- ⁸ Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование: Идеи, методы, приемы. М., 1997.
- ⁹ Кондратьев А. С. Современные тенденции развития физического образования // Тезисы докладов Международной научно-методической конференции ФССО-95. Петрозаводск, 1995. С. 3.
- ¹⁰ Кондратьев А. С. Физика как учебный предмет в третьем тысячелетии // Физика в школе и вузе. СПб., 2001.
- ¹¹ Кондратьев А. С. Физическое образование как учебная модель науки // Тезисы докладов международной конференции ФССО-97. Волгоград, 1997. С. 27–28.
- ¹² Кондратьев А. С., Филиппов М. Э. Физические задачи и математическое моделирование реальных процессов. СПб., 2001.
- ¹³ Кондратьев А. С. Современная парадигма теории обучения физике // Современные проблемы физического образования: Материалы региональной научно-методической конференции. СПб., 1997. С. 3–4.
- ¹⁴ Зуев П. В. Теоретические основы повышения эффективности деятельности учащихся при обучении физике в средней школе: Автореф. дис. ... д-ра пед. наук. СПб., 2000.
- ¹⁵ Finkenburg W. Einführung in die Atomphysik. Berlin, etc, 1967, s. 4.
- ¹⁶ Левитов Н. Д. Психология характера. М., 1969..
- ¹⁷ Пузанова Ю. В. Формирование представлений о границах применимости физических законов и теорий как средство развития критичности мышления учащихся: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. СПб., 2001.
- ¹⁸ Эйнштейн А. Замечания к статьям. Собрание научных трудов: В 4 т. М., 1967. Т. 4.
- ¹⁹ Андерсон Ф. Локальные моменты и локализованные состояния // УФН. 1979. Т. 127. № 1. С. 19–20.
- ²⁰ Горбунова И. Б. Новые компьютерные технологии и проблема преодоления формализма в знаниях по физике. СПб., 1999. С. 24–25.
- ²¹ Калашикова М. Б., Регуш Л. А. Психологические аспекты компьютеризации обучения // Дидактические основы компьютерного обучения: Межвузовский сборник научных трудов. Л., 1989.
- ²² Калашикова М. Б., Регуш Л. А., Гурова Л. Л. Формирование мышления учащихся в процессе овладения компьютерной грамотностью // Психолого-педагогические проблемы создания и использования ЭВМ. М., 1985.
- ²³ Каменецкий С. Е., Солодухин Н. А. Модели и аналогии в курсе физики средней школы. М., 1982.
- ²⁴ Лаптев В. В. Современная электронная техника в обучении физике в школе. Л., 1989.
- ²⁵ Ханин С. Д., Хинич И. И. Физические основы курса электроники в педагогическом вузе // Физическое образование в вузах. 2004. Т. 10. № 4. С. 106–114.
- ²⁶ Ханин С. Д., Хинич И. И. Методические подходы к изучению физических основ электроники в педагогическом вузе // Физическое образование в вузах. 2004. Т. 10. № 4. С. 115–124.