

К. А. Коханов, Ю. А. Сауров

ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК КОЛЛЕКТИВНАЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

В статье обозначена научная проблема освоения экспериментирования и моделирования как ведущих учебных деятельности.

Ключевые слова: методология, эксперимент, моделирование, модели, физическое мышление, учебная деятельность.

The article shows the fundamental importance of experimentation and modeling in learning physics.

Keywords: Methodology, experiment, model, physics thinking, learning activities.

Постановка научной проблемы. ФГОС обращает наше внимание на формирование метакомпетенций школьников и студентов. С точки зрения психологии их можно отнести к методологическим ориентировкам деятельности (Н. Г. Салмина, И. П. Калошина), с точки зрения методики речь идет о формировании устойчивых, широких, современных (востребованных) умений действовать. Для значительного круга учебных предметов к таким относятся умения деятельности экспериментирования и моделирования. Их значение определено местом в культуре метода естественнонаучного познания со следующей структурой деятельности «факты-проблемы – гипотеза-модель – следствия, выводы – эксперимент как опыт» (В. Г. Разумовский).

Многолетние экспериментальные исследования знаний школьников и студентов убеждают в многочисленных недостатках их подготовки по природе имеющих методологический характер. Приведём типичные проблемы: а) различие объектов природы и техники от объектов науки, языков описаний; б) выполнение норм познавательной деятельности при решении задач и проблем (знание факта путается со знанием модели и т.п.); в) определение и понимание статуса разных знаний – факт, определение, гипотеза, следствие, г) умения строить и использовать модели объектов и явлений, д) не просто выполнение опытов, а экспериментирование с объектом, предметом, идеей и др. (см. полнее [1, 2]). По нашей гипотезе эффективное преодоление указанных недостатков возможно только в ходе учебной (коллективной по определению В. В. Давыдова) деятельности, прежде всего потому, что они «возникают» в ходе исторического (с точки зрения современной методологии, всегда коллективного!) познания.

Теоретические представления об экспериментировании и моделировании. Во-первых, выделим смыслы и свойства целостной деятельности. По смыслам различают деятельности – деятельность с идеальными объектами, выделение теоретических фактов, получение знаний при изучении моделей, понимание объектов и явлений, творение идеального мира с целью изменения практики; по свойствам деятельность – это форма передачи «опыта рода», **всегда коллективная деятельность**, всегда

творческая деятельность при доминировании нормативных действий, всегда целевая, мотивированная процессами воспроизводства деятельности, всегда её неограниченное развитие (В. В. Давыдов и др.).

Во-вторых, «универсум» деятельности как эквивалент всей культуры конкретизируется в предметной области в «опыте рода» (В. В. Краевский и др.). Для нас важно, что в опыте рода зафиксированы коллективные культурные нормы деятельности. Структурирование и задание деятельности типично на языке знаний, хотя возможно и на языке процессов (деятельностей). В широком смысле знания (как фиксация опыта) – основная форма представления деятельности и отсюда, конечно, учебной деятельности. По форме «опыт рода» одновременно воспроизводится через разные носители и виды деятельности.

В нашем случае деятельности экспериментирования и моделирования задание и воспроизводство деятельности осуществляется в основном через сами процедуры деятельности, но немалое значение имеют и знания о деятельности. Через них задаются ориентировки деятельности, например, знания о методе научного познания «управляют» в нужном ключе экспериментированием и моделированием. Взгляд «через процедуры деятельности» подчеркивает значение коллективно организованного процесса.

В-третьих, на языке процессов учебная деятельность а) по содержанию разделяется на моделирование и экспериментирование, б) по методу – теоретическую и экспериментальную, в) по смыслу – материальную и идеальную. По форме процесса и результатам усвоения учебную деятельность можно различать а) по задаче и уровню освоения – творческая и репродуктивная, б) по объектам – с физическими явлениями и с физическими знаниями, в) по процедурам организации – коллективная и индивидуальная... Обозначенные содержательные и процессуальные аспекты учебной деятельности прямо и полностью реализуются при экспериментировании и моделировании.

В-четвертых, экспериментирование *доминирующим образом* задается как деятельность с реальными объектами и явлениями, моделирование – как деятельность со знанием, знаковыми моделями. Причем интересно, что, с одной стороны, в широком смысле в деятельность экспериментирования можно включить и моделирование как экспериментирование с идеальными образованиями (А. В. Ахутин). Хотя, с другой стороны, моделирование идейно, логически ведет экспериментирование. Важно подчеркнуть, что экспериментирование в широком смысле в принципе возможно со всеми единицами знаний, например, с моделями, с языками описания, в том числе с математическими объектами, которые используются в познании и обучении. В истории физики известен пример использования нескольких первых членов расходящегося ряда для описания объектов, что совершенно несуразно с точки зрения математики. Но этот «эксперимент» неожиданно привел к успеху в физике элементарных частиц.

В-пятых, в ходе экспериментирования формируются (присваиваются) разнообразные качества школьников и студентов, причём в рамках этой целостной деятельности формируются совокупности умений, которые можно объединить в компетенции. Это такие фундаментальные качества как понимание, мышление, рефлексия, коммуникация; это воля, внимание, аккуратность, воображение; это практические умения измерять, конструировать, собирать цепи и др. Современная методология коллективную природу этих процессов. И всё это вместе взятое и согласованное в деятельности приводит к успешному в жизни человеку-профессионалу. Технологическое задание данных деятельности, исследование их содержательных и процессуальных взаимоотношений, проблемы освоения этих деятельности в коллективе – актуальные задачи современной методики обучения.

Проблема онтологизации образований деятельности при экспериментировании. Уже давно признано, что материализм – великая идея и принцип познания. Но в познании в каждом конкретном случае доказательство материальности не одномоментное (и далеко не очевидное) действие. А процессуально это обеспечивается онтологизацией опыта. Принципиально важно принять, что реальность в познании идет от культуры за описаниями в деятельности. Только на определённом этапе от описаний результат деятельности получают статус реальности; это особый этап коллективной интеллектуальной (рефлексивной) деятельности – онтологизация, овеществление. В целом любая наука определяет и реальность, и описания; в методике это идёт трудно... В дидактике физики и реальность, и описания особо нормируются; получается нормируемая реальность. Но в методических проектах обычно логика меняется, оборачивается: «реальность – описания». Причем у лучших преподавателей задание реальности, например, в демонстрационном эксперименте, как и её различные описания, особенно на первом этапе освоения, всегда коллективный процесс.

Что такое открытие нового физического объекта? Исторически (субъективно, социально, т.е. коллективно, методологически, а в итоге – объективно) это онтологизация результатов познавательной деятельности (в частности, мышления) при экспериментировании. Именно под таким углом зрения особенно понятны трудности открытия. В нормах обучения важно не только задать и освоить результат познания, сколько задать и освоить процессы, процедуры живого познания. Стихия любого процесса может давать и верное решение, но только нормы в **массовом обучении** дают социальный эффект. Отсюда и внимание им. Не случаен, например, успех нормы принципа цикличности, причём в коллективной деятельности. Важно, что методологические нормы познания и дидактические нормы обучения (а это всегда так!) не тождественны (И. В. Гребенев и др.).

Итак, в обучении **всё начинается с коммуникации**, в которой передается (задается) некий познавательный опыт, впервые и сначала в довольно абстрактном виде (идея, цель, предметная область, метод и др.). И

только затем (полноценно или нет) разворачивается деятельность экспериментирования, причем параллельно в двух смыслах – а) экспериментирование над идеями, понятиями, моделями, б) экспериментирование над известными (всегда «не очень») объектами природы и техники. И в целом это и есть экспериментирование с объектами – в единстве материального и духовного! – ноосферы (по В. В. Майеру). Этот этап работы многоаспектный, трудоемкий, разнообразный по видам деятельности. Его логика разворачивания «от абстрактного к конкретному», что дает и метод, и результат метода – объект, явление и т.п. Объект в итоге задается а) знаниями, как результатом действия метода, процедур и др., б) от знаний «идущими» свойствами, например, за измерениями и функциональными связями идут причинно-следственные отношения и явления, в) практическим опытом (привычкой!) включения объекта в жизнедеятельность кооперированного человека. Так происходит «научение» глаза и ума «видеть» объект. Но если познавательная задача меняется, т.е. метод и время меняются, то объект может потерять материальную форму и станет просто знанием, моделью, историей... **И в познании это всегда не индивидуальный, а коллективный акт.**

В дидактике физики нормы деятельности понимаются как правила «спрямленного» процесса познания. Но в стремлении «спрямления» процесса можно зайти в логико-исторические тупики. Вот почему надо постоянно экспериментально исследовать по результатам коллективной деятельности обоснованность (образовательную эффективность) норм экспериментирования и моделирования.

Вопросы методологии использования моделей в обучении. Из множества возможных следствий ещё остановимся на этом прикладном вопросе. Методологи утверждают: «Любое понятие предполагает, по крайней мере, три плоскости замещения: моделей, операций с объектами, эмпирического материала и словесного описания. В науке точность понятий достигается за счет того, что все они определяются в первую очередь через модели» (Г. П. Щедровицкий, 2004, с. 333). Невозможно определить место моделей без уяснения отношения между этим понятием и другими категориальными для методики обучения понятиями. Опираясь на ранее полученные знания, определим эти **отношения**:

- Через модели задается идеальный мир науки, в том числе задается (определяется) онтологический мир; в связи с этим модели несут на себе замещающую функцию в познании; в целом модель – такое «знаниевое» образование, на основе которого можно получить новое знание. Освоение этих трудных (но революционных для развития мышления и мировоззрения) представлений всегда коллективный познавательный процесс, потому что прямо требует рефлексии деятельности.

- Модели несут в себе структуру знания, отражают структуру и функции объекта и др.; иногда говорят, что структура языка задает структуру мира; модели задают единый язык описания природы и техники со своими правилами работы; единое модельное описание «уравнивает» эти миры.

Модель играет принципиальную роль в обеспечении такого фундаментального познавательного процесса как мышление. Известный методолог Г. П. Щедровицкий писал: Мы «заместили какие-то объекты знаками – ведь только так мы можем сделать эти объекты предметами своей мысли и предметами познания. Мы заместили объекты знаками и затем применили к знакам некоторые новые познавательные операции. В результате вычленяется некоторое новое содержание, которое мы опять-таки фиксируем в знаках, в знаках второго слоя» (там же, с. 367). В целом выделение и освоение отношения «объекты – знаки, модели» является стержнем, по нашему мнению, как процесса экспериментирования, так и процесса теоретических исследований (решения задач, моделирования).

■ Существуют взаимные переходы: знание – модель, объект – модель, метод – модель и др., словом, знание в разных случаях играет разные функциональные роли; через модели задаются границы применимости теории; **метод рассматривается как нормативная модель деятельности** (свернутый проект!). Освоение знаний при экспериментировании и моделировании всегда их применение, в идеале и во многих случаях это творческий процесс, радостный и трудный процесс. Но отсюда и всегда коллективный!

■ Модели строятся активным сознанием под цели той или иной деятельности, именно в рамках этого поля они могут рассматриваться как адекватные объекту, процессу и т. п. К логическим приемам построения моделей относят идеализацию, конкретизацию, конструирование, воображение, мысленное экспериментирование, математическое моделирование, распрямление, схематизацию, структурное или блок-схемное представление, использование аналогии и др. Пока эти действия плохо формулируются и формируются, прежде всего, из-за отсутствия опыта организации коллективной (разделенной и кооперированной) деятельности школьников, например, при экспериментальном исследовании.

■ Уже на этапе построения гипотезы используются некие модельные образования (из старого опыта, некие идеи и т. п.), в результате развития гипотезы формируется модель объекта или явления. Отношения между понятиями и моделями не так ясны; введение, например, физических величин без определенных модельных представлений об объекте невозможно; по гносеологической природе понятия и модели едины – идеальны, конструктивны; понятия входят в деятельность по построению моделей. Законы формулируются для идеализированных объектов, для моделей, сами задают в той или иной форме модель явления, например в математической форме уравнения; модельность законов объясняет существование границ их применимости, например, закон всемирного притяжения Ньютона – только для взаимодействия материальных точек.

• Если эффект использования модели мал или его нет, то модель заменяется или дорабатывается. Это типичная познавательная процедура, и замены ей пока нет. В образовании, в частности в методиках обучения, существует довольно болезненная проблема возможно быстрого определения

адекватности модели. Обычно препятствующую роль играют вненаучные аргументы (личный интерес, консерватизм). Дидактика, несомненно, правильно ориентируется на построение и использование разных моделей: а) моделей, отражающих причинно-следственные или функциональные связи в результате экспериментального дидактического исследования, б) теоретических дидактических моделей педагогических систем и образовательных процессов (реальности), в) учебных моделей, например, физических процессов и явлений (результат адаптации моделей из физики, конструирование собственно методических моделей, например, особых графиков и рисунков), г) описание норм деятельности на разных языках и с разными целями, что можно интерпретировать как модельные образования.

В заключение подчеркнём, что объектом методики обучения являются не природные объекты – она занимается конструируемой (деятельностной, т.е. кооперированной, коллективной) реальностью. Отсюда и особенности проектирования и планирования коллективной «игры» в модели и эксперименты.

Библиографический список

1. Коханов К. А., Сауров Ю. А. Методология функционирования и развития школьного физического образования. Киров: ООО «Радуга-ПРЕСС», 2012.
2. Коханов К. А., Сауров Ю. А. Проблема задания и формирования современной культуры физического мышления. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2013.
3. Щедровицкий Г. П. Проблемы логики научного исследования и анализ структуры науки. М., 2004.
4. Гребенев И. В. Дидактика физики как основа конструирования учебного процесса. – Н. Новгород: Изд-во Нижегородского ун-та им. Н.И. Лобачевского, 2005. – 247 с.
5. Коханов К. А. Модели в физическом эксперименте // Физика в школе. – 2004. – № 4. – С. 36-44.
6. Калошина И. П. Структура и механизмы творческой деятельности. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 168 с.
7. Ахутин А. В. История принципов физического эксперимента. – М.: Наука, 1976. – 292 с.
8. Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. – М.: Просвещение, 1977. – 168 с.
9. Разумовский В. Г., Майер В. В. Физика в школе. Научный метод познания и обучение. – М.: ВЛАДОС, 2004. – 463 с.
10. Разумовский В. Г., Сауров Ю. А. Научный метод познания в школьном образовании как высочайшая духовная ценность // Научные основы развития образования в XXI веке. – СПбГУП, 2011. – С. 292–296.
11. Разумовский В. Г., Сауров Ю. А. Методология деятельности экспериментирования как стратегического ресурса физического образования // Сибирский учитель. – 2012. – № 2. – С. 5–13.
12. Разумовский В. Г., Сауров Ю. А., Синенко В. Я. Деятельность моделирования как фундаментальная учебная деятельность // Сибирский учитель. – 2013. – № 2. – С. 5–16.
13. Салмина Н. Г. Виды и функции материализации в обучении. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 136 с.
14. Салмина Н. Г. Знак и символ в обучении. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 288 с.

15. Сауров Ю. А. О некоторых методологических вопросах школьного учебного физического эксперимента // Проблемы учебного физического эксперимента: Сб. науч. и метод. работ. Вып. 2. – Глазов, 1996. – С. 29–30.
16. Сауров Ю. А. О построении теории учебного физического эксперимента // Проблемы учебного физического эксперимента: Сб. науч. и метод. работ. Вып. 5. – Глазов, 1998. – С. 21–23.
17. Сауров Ю. А. Принцип цикличности в методике обучения физике: Монография. – Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2008. – 224 с.
18. Сауров Ю. А. Глазовская научная школа методистов-физиков: История и методология развития: Монография. – Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2009. – 208 с.
19. Краевский В. В. Проблемы научного обоснования обучения: Методологический анализ. – М.: Педагогика, 1977. – 264 с.
20. Краевский В. В. Методология педагогики. – Чебоксары: Изд-во Чуваш ун-та, 2001. – 244 с.
21. Андреев В. И. Об оценке и развитии исследовательских способностей старшеклассников в обучении физике. – Казань, 1975. – 157 с.
22. Андреев В. И. Диалектика воспитания и самовоспитания творческой личности. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1988. – 238 с.
23. Давыдов В. В. Теория развивающего обучения. – М.: ИНТОР, 1996. – 544 с.