Модели и моделирование в методике обучения (теоретические обобщения)

Сауров Юрий Аркадьевич – д-р пед. наук, проф., чл.-корр. Российской академии образования (Киров, Россия); saurov-ya@yandex.ru

Аннотация. *В статье раскрывается фундаментальное значение моделей и деятельности моделирования в образовательных процессах, в частности, на примере физического образования. С этим связывается современный этап совершенствования естественно-научного образования. Характеризуются нормы учебных моделей, отношение модели и чувственного образа, программа исследования (в широком смысле) методических моделей, их теоретическое и экспериментальное исследование. Рассматриваются текущая методическая деятельность с моделями объектов и явлений, методических моделей, а также деятельность со знаками и знаковыми образованиями в обучении.*

Ключевые слова. *Методология, моделирование, модели, физическое образование, методика обучения, учебная деятельность, физическое мышление, знаки и знаковые образования в обучении.*

Ф.Энгельс писал: «Сколько бы пренебрежения ни высказывать ко всякому теоретическому мышлению, все же без последнего невозможно связать между собой хотя бы два факта природы или уразуметь существующую между ними связь» [1, с. 42]. Сейчас фактов (чаще – просто информации) стало много, а мышления (понимания, рефлексии) – мало.

Модели в науке предназначены для того, чтобы с их помощью получать знания, но в обучении они используются явно неэффективно. Стиль мышления, направленного на работу с моделями, не формируется, хотя он, во-первых, является современным и востребованным, во-вторых, необходим при освоении всех учебных предметов, конечно, более последовательно – для освоения физики, раз в ней реальность (природа) и описания (физические величины и др.) яснее разделены.

В методике принципиально осознана роль моделей в познании и преобразовании человеческого мира. Они заняли прочное и равноправное место в системах научных знаний, более того – вообще в жизни людей. Их уже нельзя рассматривать как некий подсобный материал, в том числе и в обучении. В разных областях знания выполнено большое количество интересных работ о моделях (М.Бунге, В.А.Штофф и др. [2; 3 и др.]. Но освоение моделей и моделирования в образовании происходит неравномерно, слабо развита техника построения и использования моделей в процессах обучения физике, и, в частности, – методических моделей.

В ноябре 2025 г. в Кирове успешно прошла десятая всероссийская научно-практическая конференция «Модели и моделирование в методике обучения физике». А в начале этого движения, в 1997 г., даже организаторы не совсем понимали всей громады темы. Хорошо помню, как мой коллега, кандидат физико-математических наук, сделал замечание: «Неужели вы всерьез думаете, что материальных точек в природе нет?» Да, и сейчас так думаю, но ясно уже вижу познавательные трудности второго порядка: работа с моделями

в виртуальных мирах значительно расширилась и становится новой реальностью, но и в этой реальности (или с ней) можно жить. Три десятилетия мы медленно и тяжело для понятий преодолеваем эту методологическую болезнь [4], но в XXI в. она должна быть побеждена. Это и станет нашей революцией в содержании физического (шире – естественно-научного) образования, как и в передаче любого опыта деятельности тоже.

Нормы учебных моделей. Модель – это прежде всего, фундаментальное и широко распространенное понятие эпистемологии о сущности объектов и явлений. В узком смысле оно фиксирует статику познания.

Разных (по видам, функциям, статусу, смыслам и т.п.) знаний много. Конечно, и раньше, и сейчас из комплекса знаний в обучении особо выделяли и выделяют законы – из-за их устойчивого познавательного и практического значения. Но все же научная грамотность связана с освоением понятий, как первичного и фундаментального языка физической природы. И закон с логической точки зрения – лишь связь ряда понятий, а модель – понятие.

Смысл модели быть заместителем чего-либо для познания. Значит, на первый план выходят функция, цель. А материал (морфология) значим для содержания модели, ее функции. И здесь море возможностей для творения, которое может изменить качество материала (широта, глубина и пр.). Например, из-за современных данных «плывет» модель «большого взрыва» возникновения Вселенной.

Приведем доступные нам и наиболее значимые *определения модели*:

– это «искусственно созданный объект в виде схемы, чертежа, логико-математических знаковых формул, физической конструкции и т.п., который, будучи аналогичен (подобен, сходен) исследуемому объекту»; он «отображает и воспроизводит в более простом, уменьшенном виде структуру, свойства, взаимосвязи и отношения между элементами исследуемого объекта…» (Н.И.Кондаков) [5, с. 360, 361].

– мысленная или материальная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает нам новую информацию об этом объекте (В.А.Штофф) [3];

– первый объект является моделью второго, если «свойства, выявленные в каком-то объекте М, могут быть приписаны другому объекту О» (Г.П.Щедровицкий) [6, с. 632];

– модель – некая форма теоретической схемы; «особенность теоретических схем состоит в том, что они являются идеализированной моделью изучаемых в теории взаимодействий» (В.С.Степин) [7, с. 138, 178].

М.Бунге выделяет следующие *функции моделей*: а) наглядного представления, б) механизма явления, в) языка описания, г) представления объекта в некой знаковой форме [2, с. 177–179]. Существуют и иные классификации. Для нас важно, что ключевым в формировании отношения к моделям является выделение и прояснение их познавательных функций (что идет от метода). Анализ уточняет *функции моделей*;

– онтология представления объекта как этапа познания реальности; представление объекта как системы моделей (предметов);

– системное представление знаний об объекте; интеграция представлений о нем;

– задание метода видения реальности, процедур получения знаний и др.

– систематизация знаний; модель актуально представляет логические связи, которые позволяют упорядочить знания, что и проявляется при выведении знаний;

– объяснение механизма (природы) объектов или явлений; в учебном познании модель обеспечивает связность, гиб-

кость, лаконичность, динамичность научного знания:

К *особенностям функционирования моделей* следует отнести: использование разных моделей при познании объекта; их суперпозицию при познании (действия складываются, противоречат и др.); свои границы применимости, отсутствие ограничений на построение все новых моделей; совершенствование (усложнение, углубление, упрощение и др.) моделей в ходе исторического познания и обучения.

Классификация моделей, как их некая первичная характеристика, возможна по нескольким основаниям:

– рассматриваемые объекты или системы – искусственные, естественные, смешанные модели;

– содержание или отрасли знаний – технические, физические, математические, социологические и др.;

– цели – фундаментальные и прикладные (учебные и др.), средства познания и образ действительности, понимание известного и конструирование нового;

– способ задания – материальные и идеальные, статические и динамические, компьютерные и некомпьютерные (бумажные, звуковые носители);

– степень обобщения – фундаментальные (отличаются отражением «единства во многообразии»), общие и частные;

– функции.

Обратимся к общим *принципам построения моделей*, причем сцентрируемся на наиболее технологичных из них.

1. Модель по определению изоморфна объекту или явлению; ее структуры предполагают возможность проводить с ней теоретические и экспериментальные исследования, изучать ее свойства, связывать их с оригиналом и строить теорию.

2. Для построения (выбора) новых моделей существенное значение имеет используемая научная картина реальности (например, физическая картина мира).

3. Для построения моделей необходимо предварительно иметь (отобрать) онтологическую схему; модель отражает какие-то стороны схемы; сложная реальность, задаваемая онтологическими схемами, при описании требует системы моделей, иерархии языков.

4. В исторической субъективной деятельности мы имеем перед собой текущую вереницу предметов, словом, моделей, некоторая совокупность которой, как ядро, задает нам реальность.

Отношение модели и чувственного образа. *Чувственный образ* – субъективное образование, в котором фиксируется в большей степени внешняя форма. Он более динамичен, труднее передаваем в трансляции; богаче модели, но менее технологичен, так как суть вещей явно в нем не вскрыта и в знаках не зафиксирована. По интеллектуальной природе чувственный образ не противоречит модели – он тоже познавательная модель.

При познании явлений, в том числе и при построении моделей, нет простого созерцания, реальность в отражении упрощается, усредняется, обобщается. Очевидно, что вне зависимости от точности измерений и методов исследования этот фактор всегда присутствует; он является одной из форм проявления активности субъекта в познании. Довольно четко подобное отношение фиксирует В.В.Налимов, утверждая, что реально существующие люди обладают своими индивидуальными, т.е. вероятностно заданными «фильтрами», пропускающими опыт, знания, информацию [8]. Отсюда и особенности освоения культуры (моделей), и особенности индивидуального познания.

Г.П.Щедровицкий весьма жестко, но в принципе справедливо, писал: «…никакого воздействия объектов на анализаторы не существует. Наоборот, есть активность анализаторов. И если не будет активной работы глаза, то не будет

и зрительного ощущения. Эта связь оказалась не такой, как предполагали: идущей не от объекта, а наоборот – от анализатора» [9, с. 124]. Отсюда – все фундаментальные роли культуры (моделей, знаков) при познании, обучении, трудовой деятельности. Отсюда – концепция нормативного освоения знаний, деятельности.

В.А.Штофф явно указывал, что модель соединяет в научном познании чувственное и логическое, конкретное и абстрактное, наглядное и не наглядное [3, с. 290]. Получается, что модель, во-первых, – необходимый элемент (этап) познания, во-вторых, – фундаментальное средство познания.

Деятельность моделирования – это объемлющее по отношению к модели понятие, более широкое и глубокое. В нем центрируются деятельностные (процессуальные, задачные) аспекты моделей: построения-открытия, функционирования, использования, границы применимости и др. Деятельность моделирования в образовании может рассматриваться как учебная деятельность, а может – как частный случай деятельности преподавания. Если учесть, что деятельность преподавания в главном нацелена на организацию учебной деятельности, то понятно пересечение их содержания. Поэтому ниже мы ограничиваемся методическим аспектом рассмотрения.

Программа исследования (в широком смысле) методических моделей [4]. Дидактика физики, несомненно, должна ориентироваться на построение и использование разных моделей: а) отражающих причинно-следственные или функциональные связи в результате экспериментального дидактического исследования, б) теоретических дидактических моделей педагогических систем и образовательных процессов (реальности); в) учебных моделей физических процессов и явлений (результат адаптации моделей из физики, конструирование собственно методических моделей, например, особых графиков и рисунков); г) описания норм деятельности на разных языках и с разными целями, что можно интерпретировать как модельные образования.

Методика обучения физике широко использует модели из других областей научного знания. Это использование и стихийное, и сознательное, оно является выражением влияния на методику физики других знаний, представлений, методов, подчеркивает прикладной характер этой науки. Теоретическая методика (прежде всего, через диссертации) стремится построить свои модели, точнее, обычно адаптирует, отчасти трансформирует уже известные модели. Это решает проблемы освоения некоего интеллектуального уровня познания и языка науки, позволяет планировать исследования. Но разнообразие теоретических схем реальности, нередко экзотических, имеет тенденцию к отрыву от действительности. В методике физики подзабыт принцип Оккама[1] «не изобретать сущностей без необходимости». Простые методические системы (модели) рождаются трудно, но еще труднее реализуются. Их суть не в отражении истины, а в эффективной реализуемости, что требует «живой» деятельности. В прикладной области надо привлечь к такому внедрению многих специалистов и учителей-практиков. А как это выразить в теоретической методической модели? Не случайно

[1] *Принцип Оккама* – методологический принцип, который утверждает, что из нескольких гипотез, одинаково хорошо объясняющих наблюдаемые факты, следует выбирать ту, которая требует наименьшего количества допущений. Название получил от имени английского монаха-философа Уильяма из Оккама (около 1285–1347). Назывался «законом экономии», «принципом бережливости», «законом достаточности». В XIX в. У.Гамильтон ввел термин «бритва Оккама».

в последние десятилетие в методике физики резко усилился интерес к вопросам *методологии деятельности*. По нашему убеждению, одной из внутренних причин этого является стремление разобраться в построении и использовании методических моделей, в выяснении процедур построения моделей. Возникает вопрос об уровнях описания явлений практики в методике обучения, а это в свою очередь толкает к решению проблем методических моделей, в том числе границ их применимости [4; 10].

Итак, *общая проблематика (программа) исследований* формулируется нами следующим образом: а) построение моделей для решения прикладных научно-методических задач: модели содержания физического образования (для ученика, учителя и др.); модели процессов учения (явно или неявно для ученика); модели процессов обучения (для учителя, методиста); б) знания о моделях и моделировании: виды моделей и моделирования (классификация); приемы отбора и построения методических моделей; функции методических моделей; приемы функционирования деятельности методического моделирования; в) методология использования методических моделей: развитие (история и логика) методических моделей и моделирования; выяснение отношения «модель – объект», «модель – явление»; связь эмпирических фактов и методических моделей; особенности построения онтологических методических моделей; приемы исследования методических моделей; г) построение моделей для решения исследовательских задач: признанных методик исследования; гипотез, концепций, теорий.

Текущая методическая деятельность с моделями объектов и явлений. На первом этапе необходимо накопление и освоение знаний о моделях из различных источников. На втором – ориентируются на доказательство гипотезы о том, что научное творчество как социальную норму продуктивно не освоить без ведущей деятельности моделирования. На третьем – основные усилия направлены на разработку конкретных методических решений.

В методике обучения физике как науке, а отсюда – и практике обучения физике, пока плохо развернуто движение об «абстрактного к конкретному» в отношении раскрытия дидактических возможностей моделирования как деятельности. В организованной кооперированной деятельности в рамках сравнительно короткого промежутка времени освоение моделирования может дать социальный эффект, а в определенных обстоятельствах – революционный социальный эффект. Вот почему оправдана настойчивость целевой программы освоения моделирования. Здесь мы можем поднять роль физики как ведущего естественно-научного предмета в школе. Моделирование дает возможность перейти от эмпирических фактов в мир теоретических фактов (понятий), а экспериментирование обеспечивает обратный переход. И в том, и в другом случаях связка «реальный объект – идеальный объект» принципиальна и должна быть освоена в обучении.

Итак, в коммуникации, при трансляции «опыта рода» очевидно, что первично мы имеем дело с понятиями. Но задают (обозначают) они принципиально разные миры. Первый мир – это реальность, представленная особенно явно и хорошо в физике физическими объектами и явлениями. Второй – это мир характеристик, средств описания, моделей, предметов и других идеальных образований. Этот теоретический мир в принципе тоже описывает, задает, представляет некий объективный (реальный) мир. Словом, мир моделей при определенных условиях понимается как реальность.

В обучении историческое познание свернуто в следующее логическое отношение: сначала задается объект (явление), затем – предметы (средства описа-

ния). Причем в содержании, например, физического образования с самого начала (на уровне учебного предмета в целом, темы, вопроса) задается реальность в виде объектов и явлений, и только потом – мир предметов. Такова стратегическая логика и учебников. Но в практике любой деятельности (познавательной, проектной, управленческой) сначала мы получаем из культуры предметные представления, идеальные по своей природе, и ограниченные культурой. На них мы опираемся, используем их как первичные «факты» и т. п. Некоторые объекты, которые задаются понятиями культуры, отождествляются с реальностью. И только тогда, когда возникают проблемы в деятельности с этими предметами-объектами, мы задаемся проблемой реальности, вновь строим в онтологизации объекты, явления и пр. Здесь и фиксируется открытие, объективно, в историческом смысле. Подчеркнем, что это всегда открытие в культуре (теоретическом мире). И отсюда взаимосвязано – в природе. Оно жестко связано с деятельностью, ею порождается. Первичность и активность этого процесса в человеческом обществе не вызывает сомнений. Весьма существенно, что такие процессы, выраженные логикой конструирования от предметов до объектов, широко распространены в техническом творчестве.

Методические трудности возникают на всех этапах конкретизации деятельности моделирования: определение статуса знания о модели; представление моделей объектов и явлений (знаковое, натурное и др.); виды моделей при обучении физике; замещение объекта моделью и работа с моделью; отнесение знаний, полученных на модели, к реальным объектам (и другое). Итак, главной задачей ближайшего будущего является *обеспечение функционирования норм моделирования по всем школьным учебным теориям* (и темам, и видам деятельности). Эти нормы нужно сформулировать и отработать в таком простом варианте: замещение объекта моделью; приемы работы с моделями; отнесение знаний, полученных на модели, к реальности (экспериментирование); разнообразие моделей в познании и обучении и границы их применимости.

Теоретические исследования моделирования, несомненно, должны активизироваться. В этом залог успеха и практической деятельности и учителей, и методистов. Нуждаются в разработке следующие проблемы: нормативные представления моделей основных физических явлений; языки выражения моделей объектов и явлений; процедуры деятельности с моделями при решении задач, постановке экспериментов, работе с учебником; обеспечение наглядности при работе с моделями.

Учебное и научное познание. Рационально, хотя бы по целям, любую деятельность в школе считать образовательной. Но все же мы полагаем, что для формирования личности учащегося в соответствии с современными требованиями необходимо оптимальное соотношение между изучением, учебным познанием и научным познанием. Отсюда предлагаем следующее различение:

– *изучение* – процесс овладения учащимся новым для него учебным материалом, заключающийся в получении, переработке и запоминании определенной информации;

– *учебное познание* – организованная учителем деятельность обучающегося, направленная на познание реального объекта ноосферы и приводящая к получению субъективно нового знания об этом объекте [11];

– *научное познание* (в рамках школы) – совместная деятельность учащегося и учителя по исследованию реального объекта ноосферы, приводящая к получению объективно нового в учебной физике результата.

Сказанное конкретизирует представление об «опыте рода» как нормы культуры для ее воспроизводства в обучении.

Теоретическое и экспериментальное исследование методических моделей. Исследователь формирует (строит) теоретические миры, т. е. системы принципов, понятий, моделей, законов, теорий. Но одновременно, дифференцируясь, он создает инструменты познания и деятельности. И педагогический эксперимент, как исследование по содержанию, является экспериментом над моделью, проведенным с целью изучения адекватности ее реальности. Отсюда в экспериментальном исследовании, вне зависимости от особенности его организации, рождается знание, которое теперь уже в качестве средства должно использоваться в практической деятельности и обычно формирует новую практику.

Значение методов и методик и теоретического, и экспериментального исследования моделей трудно переоценить. От них во многом зависит эффективность нового знания, т.е. его точность, смысловая ясность и др.

Теоретическое исследование. *Первый блок* деятельности (исследования) с моделями заключается в их построении и состоит из довольно разнообразного комплекса действий. Принципиально можно выделить два метода такого построения: 1) обобщения при изучении реальных объектов и явлений (при этом модель строится в процессе принятия гипотезы в ходе экспериментирования); 2) обобщения на основе теоретических знаний (чаще всего из дидактики), представлений и проверки эффективности их построения.

Для регуляции деятельности при построении моделей (эвристический процесс) выработаны некоторые нормы. По степени общности они разделяются на: *тематические* (наличие границ применимости и др.); *внутринаучные* (наличие объекта у модели); *межпредметные* (принцип соответствия моделей, единство дидактических моделей); *методологические* (принцип Оккама, последовательное приближение); *философские* (усложнение моделей при познании, их относительная стабильность, активность).

Второй блок исследования моделей заключается в работе с моделью, получении каких-то знаний в результате ее анализа. Для этого создаются процедуры, алгоритмы деятельности, в том числе компьютерные программы.

Третий блок действий с моделью состоит в определении ее адекватности, в сравнении выводов ее теоретического исследования и эмпирических данных (фактов) учебного процесса. В обучении физике довольно типичным случаем в теоретическом исследовании является использование методической модели учебного процесса «факты – модель – следствия – эксперимент» для понимания явления. Это исследование может быть проведено на разных уровнях – методологическом, теоретическом, прикладном [11].

Проблема границ применимости формулируемых методических моделей остается одной из самых острых и существует в довольно запутанном состоянии. В исследованиях, по-видимому, предполагается, что модели (концепции) работают в рамках обозначенного предмета, определяемого темой, проблемой, гипотезой, задачами исследования. К сожалению, за тридцать лет мы мало продвинулись вперед, а будущее идей невозможно без обозначения границ их применимости. Например, очевидно, такие границы есть у принципа цикличности. С нашей точки зрения, они заключаются в следующем:

– данный принцип представлен незамкнутой цепочкой, отсюда возможно и «неклассическое» его использование (в частности, интересно начать познание с этапа «модель»);

– востребован, прежде всего, в «деятельностных» системах обучения, в дру-

гих он может затруднять учебных процесс (что исторически отчетливо фиксируется);

– может быть не уместен для небольших фрагментов знаний (учебного процесса), при рассмотрении только прикладного материала, на этапах решении ряда воспитательных задач (занимательность, нравственность и т. п.).

Экспериментальное исследование. В зависимости от целей и от вида модели, с ней можно осуществлять какие-то действия, т. е. в самом общем плане – экспериментировать. В этом смысле к экспериментированию относятся: изменения модели, т.е. любую теоретическую работу с ней; установление соответствия эмпирического материала и свойств используемой модели, т. е. применение ее для познания. Правда, в условиях необходимости построения предмета исследования мы всегда имеем модельный эксперимент – никакого другого просто нет. Хотя специалисты (например, А.М.Новиков), в гносеологическом плане (в частности для различения процедур деятельности) занимают такую позицию: «Изучение какого-либо явления на его модели есть особый вид эксперимента – модельный эксперимент, отличающий от обычного эксперимента тем, что в процессе познания включается "промежуточное звено" – модель, являющаяся одновременно и средством, и объектом экспериментального исследования, заменяющего оригинал» [12, с. 82–83].

Деятельность со знаками и знаковыми образованиями в обучении. По-видимому, понятие «знаки» шире, чем понятие «модели». Традиционно в обучении физике к знаковым образованиям относят математические модели явлений (обычно уравнения или графики). Построение и изучение моделей явлений – в целом более сложный процесс, чем выделение и рассмотрение моделей физических объектов. Под *моделью явления* понимают описание явления через задание моделей объектов и моделей их движения через задание модели взаимодействия объектов.

Обычно идеализация объектов приводит к выбору моделей объектов, идеализация условий взаимодействия объектов в явлении приводит к заданию уровня сложности модели явления, а задание «механизмов» явления выражается в выделении идей, постулатов, принципов, законов и закономерностей протекания явления. В модели явления в зависимости от задачи находят выражение два аспекта: движение и взаимодействие. В механике эти стороны физического явления изучаются обособленно: в кинематике рассматривается характер движения тел, а в динамике – причины их движения (взаимодействие).

Познавательная специфика понятия модели позволяет рассматривать не все аспекты того или иного явления, а только те, к которым возник интерес у исследователя. Поэтому при изучении явления возникает вопрос: из чего состоит модель этого явления? Получается, что *при изучении явлений в физике с помощью моделей выбирается некий путь (механизм) различения природы*. Отсюда и точки зрения на мир – механическая, статистическая, электромагнитная, квантовая. Но при решении комплексных физических задач (они все чаще встречаются в тестах) мы обязаны использовать несколько моделей или комплексную модель явления. С точки зрения деятельностной парадигмы построение модели явления понимается как результат познавательной деятельности людей. Значит, моделей в природе нет, для одного объекта или явления их может быть несколько, между ними исторически существует конкуренция, все они имеют границы применимости. В целом в результате предметной, мыслительной, рефлексивной деятельности формируются иерархии моделей. Например, дидактических: модели уроков, коммуникации, процессов познания. Фи-

зические модели типично адаптируются в учебные, например, известна механическая модель броуновского движения. В каждом конкретном случае деятельность с моделями специфична и трудна [6; 11;13].

Знаки и знания. В виртуальных мирах не любая деятельность возможна, не всякую деятельность их средствами можно передать. В распространенном сейчас случае использования интерактивной доски мы имеем в качестве объектов оперирования знания и воспроизводим деятельность со знаниями, которые представляются в форме знаков и их отношений. Но это только один аспект формирования мышления.

Сейчас в методологии признается, что в человеческом мире единственной фундаментальной реальностью утверждается деятельность, и знания (в том числе и по форме представления) есть ее образования. Социально-историческая природа деятельности в образовании проявляется в первичном освоении сначала норм культуры в коллективной деятельности, параллельно и самоценно сопровождающейся, в частности, предметной деятельностью (материальным экспериментированием и др.). Понятно, что при присвоении норм культуры (в форме знаний) деятельность в обучении фундаментальна, отсюда вся важность ее организации со знанием, которая при этом не должна противопоставляться материально-предметной деятельности. Отсюда ограничители деятельности в идеальных мирах.

При массовом обучении все более обостряется необходимость эффективной трансляции знаний – фундаментальный и экономный механизм образования. Но «упаковка» и «распаковка» знаний (объект – знание, знание – объект) при их трансляции уже не происходят автоматически, все больше требует специальных усилий. Это объясняется ключевой задачей – воспроизводством деятельности. Типичная проблема – как за знаком увидеть (расшифровать) деятельность.

Теоретический ответ дадим в ряде тезисов-мыслей.

• Деятельность со знаниями в обучении стара как мир, особенно в математике и физике, но плохо различаются деятельности со знанием (определение, повторение и др.) для его усвоения как нормы и для его развития и совершенствования (новое доказательство, границы применимости и др.).

• Исторически в методике обучения физике существуют два принципа понимания, познания и организации обучения: натурный (узко материалистический) и деятельностный. Природа знаний, полученных через них, существенно различается: в первом случае определена схема «объект – взаимодействие – субъект», в итоге – знание; во втором – вещи, свойства – это результат социальной деятельности, «образованности» деятельности, отсюда знания социальны и историчны. В результате знания – форма существования, «упаковки» опыта; значит, «упаковка» и «распаковка» содержания и функций знания важны. Например, в практике обучения физике известны два подхода в определении материальной точки: первый – тело, размерами которого можно пренебречь; второй – модель тела. Важно понять, что это разные образования.

• Согласно принципу (парадигме) деятельности, в обучении происходит присвоение знаний. Подчеркнем: в широком смысле знания (как форма фиксация опыта) – основная форма представления деятельности и отсюда – учебной деятельности. Но в обучении присвоение знаний осуществляется в разных формах предметной деятельности. Напомним, в теории поэтапного формирования понятий и умственных действий (П.Я.Гальперин) за формированием деятельности в материальной форме следуют действия в материализованной форме (а это модели).

• Экспериментирование как учебная деятельность является формой экспериментирования над знанием под цель – освоение живого (личностного) знания, т.е. опыта. Методолог А.В.Ахутин утверждал: «эксперимент есть в равной мере как действие с предметом (идеальным), так и действие с понятием (предметным)» [14, с. 367]. В современной физике обычно это действие с понятиями и есть действие с моделями.

• Выделяют следующие *единицы знаний*: факты – единицы материала, с которым имеют дело в деятельности; онтологические картинки мира, т. е. изображения реальности; средства выражения знаний, фактов, т. е. языки описания, представления; методы познания, системы методик изучения или исследования, т.е. *нормы* процедур деятельности, заданные как системы знаний; модели объектов или явлений, которые представляют (репрезентируют) частные, эмпирические объекты исследования, т. е. заместители чего-то; знания по статусу в системе теории: физические величины, теоретические конструкты (объекты без опоры на опыт), принципы, гипотезы, законы, постоянные величины, уравнения и др.; проблемы; задачи (научные, проектные, методические и др.); интерпретации (мировоззренческие обобщения). И все это модельные образования, выраженные в той или иной форме знаков.

Знаки и мышление. Г.П.Щедровицкий был твердо убежден, что «мышление формируется не на основе чувственных форм отражения, а вне их» [15, с. 579]. «Вне их», т.е. на основе работы со знаками (моделями) в связке с объектами.

Для движения вперед в физическом образовании нужна твердая точка опоры, т.е. организация полноценной деятельности моделирования и экспериментирования. Внутренней точкой развития субъекта и источником его эффективной внешней деятельности является *присвоение* физического мышления и мировоззрения, которое должно быть методологически и методически верно задано. Прежде всего, это работа со знаками-моделями. Так мы возвращаемся к проблеме организации мышления.

Известные характеристики мышления могут быть сгруппированы следующим образом: структура мыслительного процесса (подготовка, принятие задачи, созревание решения, вдохновение и решение, проверка решения); сложность психологических процессов; рефлексия мыслительного процесса; интегральные качества мыслительной деятельности (самостоятельность, гибкость, критичность, последовательность, быстрота протекающих процессов и др.); активность; результативность мышления (формирование разных систем знаний, становление мыслительных операций анализ, синтез и др.); стиль мышления (рационализм, системный подход, множественность описаний, границы знаний). Но это только первое, пока еще весьма абстрактное, понимание такого великого феномена, как мышление.

Для обучения важно задать некую инструментальную модель мышления, которая бы, вскрывая суть мыслительной деятельности, давала возможность с помощью содержания и процессов управлять ее воспроизводством (или формированием). В связи с этим интерес представляет выражение мышления как метода (средства) познания. Фундаментальным элементом такого выражения является мыслительный акт, а в итоге – система актов: проблематизация, выбор метода, действие на проблему, результат, рефлексия, оценка. Система актов при нормировании с целью трансляции опыта имеет простую структуру. Заметим, что она циклична, не противоречит известному в методике принципу организации учебного познания «факты, проблемы – гипотеза, модель – следствия – эксперимент, практика» (В.Г.Разумовский), а в свернутом,

простом варианте – «выделения объекта, явления – его описания» (Ю.А.Сауров).

Методология в отношении к интеллектуальным процессам (пониманию, рефлексии, коммуникации, мышлению) занимает позицию их внешнего, деятельностного задания (описания). И, хотя задача выяснения природы такого феномена, как мышление, остается, она сдвигается от психолого-физиологического аспекта на логико-социальный. Для этого используются специальные процедуры-инструменты. Одним из эффективных является моделирование, работа с моделями.

Для саморазвития личности, осознанного осуществления мыслительной деятельности, и, тем более, для развития мышления необходимо его в какой-то форме выразить, представить и адекватно на него действовать. По-видимому, типичными формами являются громкая и письменная речь, мысленное и предметное экспериментирование (в нашем случае на физическом материале), процедуры постановки и решения задач и др. Действовать на мышление с целью его совершенствования следует способом, адекватным формам его выражения: речевой деятельностью, знаками, средствами логики, предметными действиями при экспериментировании и т.п. Г.П.Щедровицкий утверждал: 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» [9, с. 367].

Социальная (историческая) природа мышления как ядра любой познавательной деятельности не вызывает сомнения. Но как это сделать продуктивным, учесть в технологии? Возникает задача знакового задания мышления.

Повторим: в известном определении уже достаточно четко для характеристики мышления вырисовывается отношение «объект – знак». Данное отношение во всех аспектах взаимосвязи должно быть осмыслено и заложено в технику исследований. А.А.Зиновьев по этому поводу убедительно говорил: «В своем чувственном аппарате люди оперируют чувственными образами знаков, а не непосредственно самими знаками. Люди оперируют чувственными образами знаков в их качестве заместителей (двойников) предметов, обозначаемых этими знаками» [16, с. 11].

Подчеркнем: присвоение мышления понимается как усвоение норм, «опыта рода» (части культуры, выделенной для освоения в обучении), как усвоение системы (структур!) знаний в широком смысле, в форме фундаментальных теоретических обобщений – понятий, законов, теорий, физической картины мира [4]. Для методики обучения физике важно в полной мере понять, что мышление в процессах обучения «присваивается» как современная норма и необходимы специальные усилия и для его верного (научного, эффективного) задания, и для организации соответствующей учебной деятельности (предметной, мыслительной и др.).

Выделение и освоение отношения «объекты – знаки» является стержнем, по нашему мнению, как процесса экспериментирования, так и процесса теоретических исследований (решения задач, моделирования). Объективно (в материальной предметно-преобразующей деятельности) это задает мышление как кооперированную, социальную форму существования людей. Проблема заключается в освоении такого отношения, над этим фактически и бьются методисты-экспериментаторы и в выделении или задании объектов экспериментирования, и в фиксации объектов в знаках, в частности в моделях.

В ***заключение*** выскажем несколько суждений.

Объектом методики обучения физике не являются природные объекты – она занимается конструируемой (деятельностной) реальностью. Отсюда и особенности проектирования и планирования «игры» в модели.

Много лет назад мне довелось услышать фрагмент доклада адвоката Г.Резника об эффективности использования в его практике гипотезы-модели. Неожиданно обычные для естествознания познавательные инструменты «гипотезы», «модели» использовались в типичной гуманитарной деятельности. Подумалось: гуманитарное мышление не очень отличается от естественно-научного.

Давным-давно мне полюбилось стихотворение Б.Пастернака «Во всем мне хочется дойти до самой сути…» (1956), которое многократно читал, неосознанно чувствуя в нем выражение «стрелы познания». Сейчас в связи с нашей темой явно увидел такую трактовку его смысла.

Сначала в тексте звучит проблема в форме *фактов*. По-видимому, это факты духовной деятельности, которые по смыслу выражения и есть цель. Вот они:

Во всем мне хочется дойти
До самой сути:
В работе, в поисках пути,
В сердечной смуте.
До сущности протекших дней,
До их причины,
До оснований, до корней,
До сердцевины…

Далее – построение мыслей о *гипотезе-модели как программе деятельности*:

…О, если бы я только мог
Хотя отчасти,
Я написал бы восемь строк
О свойствах страсти.
О беззаконьях, о грехах,
Бегах, погонях,
Нечаянностях впопыхах,
Локтях, ладонях.
Я вывел бы ее закон,
Ее начало…

Замечу: закон часто предстает в форме модели.

В самом конце неожиданно по-новому жесткое по логике для стихотворения, ломающее чувственный ряд, сравнительно краткое *следствие-обобщение* – основа для будущего:

Достигнутого торжества
Игра и мука –
Натянутая тетива
Тугого лука.

Игра и мука – это жизнь, в которой всего полно, она всегда трудно «натянута».

Можно смело видеть смыслы и по-другому, но в итоге все неизбежно трансформируется в нормы деятельности. Я много раз писал, что учебный предмет «Физика в школе» – гуманитарный. В нем представленная естественно-научная логика познания обогащает человеческое видение человеческого мира. А значит, потери в изучении физики – это потери гуманитарного, хотя и вообще любого образа-ваяния, без которого невозможно совершенствование естественно-научного образования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Энгельс Ф.* Диалектика природы. М., 1964. 360 с.

2. *Бунге М.* Философия физики. М., 1975. 347 с.

3. *Штофф В.А.* Моделирование и философия. М.; Л., 1966. 147 с.

4. *Сауров Ю.А.* Построение постнеклассической методики обучения физике: монография. Киров, 2022. 212 с.

5. *Кондаков Н.И.* Логический словарь-справочник. М., 1976. 720 с.

6. *Щедровицкий Г.П.* Избранные труды. М., 1995. 800 с.

7. *Степин В.С.* Теоретическое знание. М., 2000. 744 с.

8. *Налимов В.В.* Спонтанность сознания. М., 1989 [Электронный ресурс]. Ре-

жим доступа: https://litlife.club/books/98279/read?ysclid=mjscsarpn 9934739229.

9. *Щедровицкий Г.П.* Проблемы логики научного исследования и анализ структуры науки. М., 2004. 400 с.

10. *Сауров Ю.А.* Физика в 11 классе. Модели уроков: кн. для учителя. М., 2005. 271 с.

11. *Сауров Ю.А.* Принцип цикличности в методике обучения физике: историко-методологический анализ: монография. Киров, 2008. 224 с.

12. *Новиков А.М.* Методология образования. М., 2002. 320 с.

13. *Разумовский В.Г., Майер В.В.* Физика в школе. Научный метод познания и обучение. М., 2004. 463 с.

14. *Ахутин А.В.* Эксперимент и природа. СПб., 2012. 660 с.

15. *Щедровицкий Г.П.* Философия. Наука. Методология. М., 1997. 656 с.

16. *Зановьев А.А.* Фактор понимания. М., 2006. 528 с.

Дата поступления – 30.12.25

Models and modeling in teaching methodology (theoretical generalizations)

Yuri A. Saurov – Dr. Sci. (Pedagogics), professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Education (Kirov, Russia); saurov-ya@yandex.ru

Abstract. *The article reveals the fundamental importance of models and modeling activities in educational processes, particularly in case of physical education. It is associated with the current stage of improvement in natural science education. The article describes the norms of educational models, the relationship between models and sensory images, and the research program of methodological models (in its broad sense), as well as their theoretical and experimental study. The article also examines the current methodological activities with models of objects and phenomena, methodological models, and activities with signs and symbolic formations in education.*

Key words. *Methodology, modeling, models, physical education, teaching methods, educational activities, physical thinking, signs, symbolic formations in education.*

REFERENCES

1. *E`ngel`s F.* Dialektika prirody` [Dialectics of nature]. Moscow, 1964. 360 p.

2. *Bunge M.* Filosofiya fiziki [Philosophy of physics]. Moscow, 1975. 347 p.

3. *Shtoff V.A.* Modelirovanie i filosofiya [Modeling and philosophy]. Moscow; Leningrad, 1966. 147 p.

4. *Saurov Yu.A.* Postroenie postneklassicheskoj metodiki obucheniya fizike: monografiya [Construction of a post-nonclassical methodology for teaching physics: a monograph.]. Kirov, 2022. 212 p.

5. *Kondakov N.I.* Logicheskij slovar`-spravochnik [Logical dictionary-reference book]. Moscow, 1976. 720 p.

6. *Shhedroviczkij G.P.* Izbranny`e trudy` [Selected works]. Moscow, 1995. 800 p.

7. *Stepin V.S.* Teoreticheskoe znanie [Theoretical knowledge]. Moscow, 2000. 744 p.

8. *Nalimov V.V.* Spontannost` soznaniya. Moscow, 1989 [Spontaneity of consciousness]. Available at: https://litlife.club/books/98279/ read?ysclid= mjscsarpn9934739229

9. *Shhedroviczkij G.P.* Problemy` logiki nauchnogo issledovaniya i analiz struktury` nauki [Problems of the logic of scientific research and the analysis of the structure of science]. Moscow, 2004. 400 p.

10. *Saurov Yu.A.* Fizika v 11 klasse. Modeli urokov: kn. dlya uchitelya [Physics in the 11th grade. Lesson models: a book for teachers]. Moscow, 2005. 271 p.

11. *Saurov Yu.A.* Princip ciklichnosti v metodike obucheniya fizike: istoriko-metodologicheskij analiz: monografiya [The principle of cyclicality in the methodology of teaching physics: a historical and methodological analysis: a monograph]. Kirov, 2008. 224 p.

12. *Novikov A.M.* Metodologiya obrazovaniya [Methodology of education]. Moscow, 2002. 320 p.

13. *Razumovskij V.G., Majer V.V.* Fizika v shkole. Nauchny`j metod poznaniya i obuchenie [Physics at school. scientific method of cognition and teaching]. Moscow, 2004. 463 p.

14. *Axutin A.V.* E`ksperiment i priroda [Experiment and Nature]. Saint-Petersburg, 2012. 660 p.

15. *Shhedroviczkij G.P.* Filosofiya. Nauka. Metodologiya [Philosophy. Science. Methodology]. Moscow, 1997. 656 p.

16. *Zanov`ev A.A.* Faktor ponimaniya [The factor of understanding]. Moscow, 2006. 528 p.

Submitted – 30.12.25