

В. Г. РАЗУМОВСКИЙ, академик РАО, г. Москва
Ю. А. САУРОВ, член-корреспондент РАО, г. Киров,
В. Я. СИНЕНКО, член-корреспондент РАО, г. Новосибирск

Деятельность моделирования как фундаментальная учебная деятельность*

В статье показывается фундаментальное значение деятельности моделирования в процессах физического образования.

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

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.
*Ф. Энгельс**

Постановка задачи. Реальность в деятельности людей выше любого описания. И идея материализма за тысячелетия доказала свою продуктивность. Но не всё так просто: реальность людей (помимо веры в идею) задается описаниями. Реальность современного человека существенно шире и глубже чем реальность человека столетней давности, тем более времени пирамид. И так будет всегда в мире людей.

Чем лучше (точнее, полнее и т.д.) мы опишем образовательную реальность сегодня, тем вернее (продуктивнее, точнее и т.д.) мы построим реальность завтрашнего дня. Соблазн слухавить – это прямой вред будущему, не знание реальности (правды, истины) – это обычно отсутствие метода познания, отсутствие цели, отсутствие развития и т.д. А в итоге – всегда деградация.

И не случайно ФГОС, а за ним программы нового поколения и современные учебники (В. Г. Разумовский и В. А. Орлов и др., 2009-2011) существенно шире и глубже содержательно и процессуально задают деятельность с моделями. К сожалению, процесс внедрения новых решений идет медленно, пока в распространенных источниках-ресурсах обучения физике (учебниках, методиках...) редко встречается само понятие модель, в массовой практике обучения физике слабо осознаётся и не эффективно используется дидактически мощный потенциал моделирования. Отсюда и формулируется наша проблема.

Теоретическое основание моделирования как учебной деятельности. Величие образовательной деятельности (отсюда и деятельности моделирования) в том, что без неё не может быть человека! И существенно

* Энгельс Ф. Диалектика природы. М., 1964. С. 42.

для обучения физике то, что сначала маленький человек встречается с объектами культуры, с понятиями, и только потом медленно в ходе деятельности (если повезет с Учителем!) наполняет их содержанием. Так жизнь любого человека идет на уровне движения понятий «от абстрактного к конкретному». И если это логически так, то и практически так для ученика, учителя, методиста...

1. О значении моделей в образовании. В настоящее время в науке принципиально осознана роль моделей в познании и преобразовании человеческого мира – модели предназначены для того, чтобы с их помощью можно было получить знания о прошлом, настоящем и будущем. Модели заняли прочное и равноправное место в системах научных знаний, более того – вообще в жизни людей. Их уже нельзя рассматривать как некий подсобный материал; такая ситуация сложилась и в обучении. В разных областях знания выполнено большое количество работ о моделях (В. С. Степин, В. А. Штофф и др.). В частности, В. А. Штофф утверждал о том, что модель соединяет в научном познании чувственное и логическое, конкретное и абстрактное, наглядное и не наглядное (1966, с. 290). Получается, что модель, во-первых, необходимый элемент (этап) познания, во-вторых, инструментальное средство познания. Только с ним или с его помощью можно сейчас познавать окружающий мир.

Хотя о физических моделях в методике физики написано немало (В. Г. Разумовский, В. В. Мултановский, Ю. А. Коварский, Н. А. Солодухин и др.), но и проблем внедрения осталось много. А мы убеждены, что на данном этапе развития физического образования освоение моделирования – фундаментальный и доступный ресурс.

Особая и специальная проблема – построение и использование методических моделей. Методические модели физического образования строятся (выбираются, достраиваются) на основе моделей, введенных в педагогику, психологию, дидактику, методологию и некоторых других науках о человеке. Они задают некий первый эшелон наиболее общих моделей. На этом уровне можно (и следует) найти много моделей, выбор и интерпретация которых диктуется целью рассмотрения, получаемым эффектом. Если эффект использования модели мал или его нет, то модель заменяется или достраивается. Это типичная познавательная процедура, и замены ей пока нет. В образовании, в частности в обучении физике, существует довольно болезненная проблема возможно быстрого определения адекватности модели. Обычно препятствующую роль играют вненаучные аргументы (личный интерес, консерватизм).

Дидактика физики, несомненно, должна ориентироваться на построение и использование моделей. 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 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 [7,10].

В рамках востребованной сейчас деятельностной парадигмы в образовании все модели (и методические, и физические!) – это модели деятельности. Как ввести эти модели – центральная проблема.

2. Об определении модели. Классическим является определение: «Модель – искусственно созданный объект в виде схемы, чертежа, логико-математических знаковых формул, физической конструкции и т.п., который, будучи аналогичен (подобен, сходен) исследуемому объекту (...), отображает и воспроизводит в более простом, уменьшенном виде структуру, свойства, взаимосвязи и отношения между элементами исследуемого объекта...» (Кондаков Н. И. Логический словарь-справочник. М.: Наука, 1976. С. 361). По сути, моделью является объект, который используется в функции модели. Отсюда моделью данного объекта может быть любой другой объект, если мы сможем его успешно использовать в этой функции. Так с самого начала создаются условия для творчества при моделировании.

Очевидно, что физическая модель сильно ограничивает представление о том или ином объекте природы. Для обучения физике важны следующие позиции: модель – это некая форма теоретической схемы, абстрактных объектов; а «особенность теоретических схем состоит в том, что они являются идеализированной моделью изучаемых в теории взаимодействий» (В. С. Степин, 2000, с. 138, 178). И здесь мы вспоминаем концепцию взаимодействий профессора В. В. Мултановского [8].

Классификация моделей как их некая первичная характеристика возможна по нескольким основаниям: а) рассматриваемым объектам или системам – искусственные, естественные, смешанные; б) содержанию или отрасли знаний – технические, физические, математические, социологические и др.; в) цели – фундаментальные и прикладные (учебные и др.), средства познания и образ действительности, понимание известного и конструирование нового, г) способу задания – материальные и идеальные, статические и динамические, компьютерные и некомпьютерные (бумажные, звуковые носители).

Обратим внимание на общие **принципы построения (выбора) моделей**, причем выделим наиболее технологичные из них.

- Модель по определению изоморфна объекту или явлению; её структура, содержание и форма предполагают возможность проводить с ней исследования, изучать её свойства, связывать их с оригиналом и строить теорию.

- Для построения (выбора) новых моделей существенное значение имеет используемая научная картина реальности, например, ФКМ, как некая общая ориентировка познавательной деятельности.

- Для построения моделей необходимо предварительно иметь (отобрать) онтологическую схему (в какой-то форме задать реальность);

модель отражает какие-то стороны схемы-реальности; сложная реальность (если мы её так можем видеть), задаваемая онтологическими схемами, при описании требует системы моделей, иерархии языков.

3. О дидактических функциях моделей в обучении. Для практика важно знать следующие функции моделей: наглядного представления, механизма явления, языка описания, представления объекта в некой знаковой форме. Дополним эти представления расшифровкой их познавательных функций через метод познания:

- Онтологическое представление объекта как этапа познания реальности (как исторически данную реальность); представление объекта как системы моделей (предметов).

- Системное представление знаний об объекте; интеграция представлений об объекте.

- Задание метода видения реальности, процедур получения знаний и др. Например, в настоящее время наиболее доступную и эффективную реализацию моделирования в рамках освоения метода научного познания мы видим в использовании циклической схемы «факты – гипотеза, модель – следствия – эксперимент» при организации познавательной деятельности школьников.

- Систематизация знаний; модель актуально представляет логические связи, которые позволяют упорядочить знания; это и проявляется при выведении знаний.

- Объяснение механизма (природы) объектов или явлений; в учебном познании модель обеспечивает связность, гибкость, лаконичность, динамичность научного знания:

- К особенностям функционирования моделей следует отнести: а) использование разных моделей при познании объекта, б) суперпозицию моделей при познании (складываются, противоречат и т. п.), в) свои границы применимости, отсутствие ограничений на построение все новых моделей, г) совершенствование (усложнение, углубление, упрощение и др.) моделей в ходе исторического познания и индивидуального обучения.

4. Отношение модели и фундаментальных познавательных процессов – восприятия, понимания, мышления, рефлексии, коммуникации.

Отношение модели и чувственного образа. Чувственный образ – субъективное образование, в котором фиксируется в большей степени внешняя форма; он более динамичен, труднее передаваем в трансляции; чувственный образ богаче модели, но суть вещей в нем не вскрыта и в знаках не зафиксирована.

Уже общепринято, что при познании явлений, в том числе и при построении моделей, нет простого созерцания. Физик-теоретик и методолог В. Б. Губин пишет: «некоторое изменение (в ограниченных пределах) состояния среды может не менять ощущения. Другими словами, имеет место относительная устойчивость ощущений... Реальность в отражении упрощается, усредняется, обобщается» (2003, с. 119). Очевидно, что в

принципе, вне зависимости от точности измерений и методов исследования, этот фактор всегда присутствует; он является одной из форм проявления активности субъекта в познании. Подобное отношение фиксирует и В. В. Налимов: «Реально существующие люди обладают своими индивидуальными, т.е. вероятностно заданными фильтрами пропускания» (Спонтанность сознания. М.: Прометей, 1989. С. 20). Отсюда и особенности освоения культуры (моделей), и особенности индивидуального познания.

Весьма жестко, но в принципе справедливо, Г. П. Щедровицкий 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» (2004, с. 124). Отсюда все роли культуры (моделей, знаков) при познании, при обучении, при трудовой деятельности. Отсюда концепция нормативного освоения знаний, деятельности.

Использование моделей и функционирование понятий. 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» [25, с. 333]. Невозможно определить место моделей без уяснения отношения между этим понятием и другими категориальными для методики обучения физике 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; модель – такое «знаниевое» образование, на основе которого можно получить новое знание.

- 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 со своими правилами работы.

- 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!).**

- 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.

▪ 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.

В целом, следует подчеркнуть, что объектом методики обучения физике являются не природные объекты, она занимается конструируемой (деятельностной) реальностью. Отсюда и особенности проектирования и планирования «игры» в модели.

Следствия – методическая деятельность с моделями объектов и явлений.

1. Вопросы содержания. На первом этапе освоения моделирования необходимо накопление и освоение знаний о моделях из различных источников. На втором этапе субъект принимает целевые и ценностные установки, например, научное творчество как социальную норму продуктивно не освоить без ведущей деятельности моделирования. На третьем этапе основные усилия направлены на разработку (присвоение) конкретных методических решений. В организованной кооперированной деятельности методистов, учителей, школьников в рамках сравнительно короткого времени освоение моделирования может дать социальный эффект, а в определенных обстоятельствах – революционный социальный эффект. Вот почему оправдана настойчивость целевой программы освоения моделирования.

Моделирование дает нам 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 обучении воспроизводится (но сначала задается в форме содержания) в широком смысле опыт деятельности, в том числе в форме присвоения знаний. В коммуникации (в обучении), 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 мир – это мир характеристик, средств описания, моделей, предметов и других идеальных образований. Этот

теоретический мир в принципе описывает, задает, представляет некий объективный (реальный) мир.

Важно понять, что в обучении историческое познание свернуто в следующее логическое отношение: сначала задается объект (явление), затем – предметы (средства описания). 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 идет мир предметов. Итак, в стратегической логике обучения в специфически снятом виде (обратный логический ход) фиксируется «чистая» логика исторического познания. Но в практике любой деятельности (познавательной, проектной, управленческой...) сначала мы имеем из культуры предметные представления, идеальные по своей природе, и ограниченные культурой. Мы на них опираемся, используем как первичные «факты» и т. п. Объекты, которые задаются понятиями культуры, мы отождествляем с реальностью. И только тогда, когда возникают проблемы в деятельности с этими предметами-объектами, мы задаемся проблемой реальности, вновь строим в онтологизации объекты, явления, что-то... 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 эти процессы, выраженные логикой конструирования от предметов до объектов, широко распространены в техническом творчестве.

Как в нормах содержания образования заложено отношение к моделям, так в реальном учебном процессе в массовой школе это и формируется, и диагностируется. Обратимся к нескольким первоочередным проблемам **содержания**.

Наверное, надо уже понять, договориться и принять, что школьники при обучении физике сначала сталкиваются с понятиями, а понятия играют разные роли в познании и несут разные функции в обучении.

Во-первых, есть понятия, которые задают (обозначают) физическую реальность. Это категориальные понятия, такие, как пространство и время, материя, вещество, поле, физический объект (тело, газ, жидкость, молекула, атом, элементарная частица и др.), взаимодействие и др. Придавая этим понятиям такой смысл и значимость, надо критически понимать, что задаваемая так реальность – это абстрактная реальность, своего рода «вещь в себе», неопределенно богатая по содержанию. Так в человеческой деятельности и мышлении мы задаем реальность, и много не дано. Такое определение реальности ни по объему, ни по форме не сдерживает познания. Это необходимое правило, прием познания, это важный принцип согласия. Он в полной мере соответствует идее о том, что действительность должна рассматриваться как результат человеческой деятельности. Подобные позиции при конкретизации и задают через категориальные понятия физический мир. И это позитивно, т. е. продуктивно. Сложность смысла этих

понятий показана, например, следующей позицией: «С точки зрения реализма некоторые теоретические объекты, которым приписываются свойства пространственной и временной локализации (такие, например, как атомы, электроны, кварки и т. п.), существуют реально» (В. А. Лекторский, 2001, с. 158). Но при всем при том в обучении трудно согласиться с утверждением, что «в механике пространство и время являются средствами описания движения, изобретенными человеком...» (из учебника). Зачем уравнивать пространство-время и систему отсчета (средство описания)?

В действующих учебниках не совсем невнятно (прямо) выделяют реальность; а это только физические объекты и явления (движение), плюс пространство-время как их арена. Но надо ли, например, сначала «физическое тело» относить к моделям, а затем далее говорить о телах, подразумевая за ними реальность (из учебника)? В целом отношение к познанию удручает: «В основе познания лежит восприятие мира человеком с помощью органов чувств...» (один учебник); «жизненный опыт оказывается недостаточным при изучении явлений» (другой учебник).

Во-вторых, есть большая группа понятий, обозначающая и задающая модели объектов и явлений. Многие из этих понятий, хотя и используются, не имеют внятного статуса, уравниваются с категориальными понятиями, и им придается статус реальности и т. п. Отсюда на практике существует проблема их определения. Она заключается в том, что понятия определяются по-разному, смысловое поле их размыто, не четки связи с другими понятиями и др. Во всех теориях эти понятия необходимы и должны вводиться сначала, широко использоваться в развертывании знаний, т. е. в описании реальности.

Это такие понятия, как физическая система, система отсчета, материальная точка, система материальных точек, абсолютно твердое тело, упругое тело, идеальный газ, кристаллическая решетка, термодинамическая система, электростатическое поле, однородное поле, точечный электрический заряд, гармоническая волна, световой луч, планетарная модель атома, нуклонная модель ядра атома, кварковая модель адронов и др. По своей природе – это идеальные (и теоретические) объекты, которые реально не существуют. Известный методолог В. С. Степин пишет: «Так, все теоретические высказывания классической механики непосредственно характеризуют связи, свойства или отношения идеализированных конструкторов, таких как «материальная точка», «сила», «инерциальная пространственно-временная система отсчета» и т. д., которые представляют собой идеализации и не могут существовать в качестве реальных материальных объектов» (В. С. Степин, 2000, с. 105).

Построение и использование моделей объектов (а затем и явлений) должно быть аккуратным, сначала по возможности простым. Например, вряд ли для модели тела «твердое тело» необходимо в качестве средств описания вводить ещё такие модели – отрезок прямой, плоскую фигуру, объемную фигуру. Получается излишне: модели модели.

В-третьих, первый шаг этапа количественного познания выражается в определении большого числа физических величин. По своей основной функции в познании – это характеристики свойств, т. е. выразители свойств объектов и явлений физического мира на языке понятий (абстракций как результатов мышления). Физические величины ближе всего в познании стоят к объектам, не случайно иногда неосторожно они отождествляются с ними. Но при построении теории физические величины должны приписываться идеальному объекту теории, т. е. фактически модели. Иначе функционирование науки невозможно, иначе совершенно непонятно, зачем вводятся модели. Фактически в школьном курсе физики на этот вопрос ответа нет. Не случайны многочисленные трудности на этот счет, крайне медленное освоение этих вопросов.

Важно, что у каждой физической величины должен быть носитель свойств – объект или явление. Эта сторона физической величины выражается в форме задания процедур измерения, т. е. особого взаимодействия объекта и прибора. В большинстве случаев в школьном курсе решения простые: сила – характеристика действия, скорость – характеристика движения, масса – характеристика инертности, потенциал – энергетическая характеристика поля и т.д. Но есть и методически сложные случаи. Например, давление. Давление как физическая величина характеризует давление как явление, т. е. действие одного тела на другое в зависимости от площади соприкосновения. Давно уже набило оскомину отождествление силы и взаимодействия. Авторы учебников и методик не видят в этом ничего особенного. А это принципиальный вопрос для организации нашего мышления, нашей познавательной деятельности: взаимодействие или действие задает реальность, сила – только её характеристику. Если уж для силы вопрос не решен, то что говорить о других физических величинах. В. В. Мултановский тридцать лет назад достаточно жестко критиковал курс физики за метафизическое использование силы (1977, с. 143), но оно не преодолено и сейчас.

В качестве аргументов важности освоения моделей и моделирования в обучении выделим ещё две методические проблемы. На практике получается, что некоторые фундаментальные физические величины по мере своего использования приобретают субстанциональный смысл. Это, например, энергия. Энергия переходит, энергия излучается и распространяется и т. п. Но в прямом смысле разве энергия, т.е. физическая величина, «переходит»? Если же говорить об энергии как о характеристике и связывать её с моделью «материальная точка» (в некоторых учебниках это есть), то требования методологии автоматически выполняются. Хотя вряд ли последовательно говорить об энергии для материальной точки в механике, но уже в молекулярной физике говорить, тем более в случае идеального газа, об энергии молекул.

Следующим за понятиями уровнем обобщения считают законы. В большинстве случаев в физике они принимают математическое выражение в форме уравнений. Уравнение приобретает смысл закона при определенной

интерпретации. При этом в любом случае надо учитывать смыслы физических величин. Например, есть уравнение Эйнштейна $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$. Но почему это уравнение, а не закон? Так в курсе физики эту формулу называют, но, к сожалению, именно это мешает пониманию её смысла. Проблема в том, что нечетко выделяется явление, т. е. реальность, нет обозначения этого явления. Отсюда уравнение, на практике хуже того – формула. А далее, решение задач на формулу, а не на описание явления законом. Надо понять, что это разные уровни мышления и мировоззрения. И первый – технический, ограниченный; а второй ведёт понимание и физическое мышление.

Методические трудности возникают на всех этапах конкретизации деятельности моделирования: определение статуса знания о модели, представление моделей объектов и явлений (знаковое, натурное...), 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 должны быть сформулированы и отработаны по следующим направлениям: а) замещение объекта моделью; б) приемы работы с моделями и соответствующая деятельность; в) отнесение знаний, полученных на модели, к реальности (экспериментирование); г) разнообразие моделей в познании и обучении и границы их применимости.

В методике физики как науке теоретические исследования моделирования, несомненно, должны активизироваться. В этом залог успеха и практической деятельности 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 и др. Отдельно в этом ряду стоит **проблема открытия закономерностей**. Если обычное «видение» мира считать нормой, то любое научное открытие (закон) – это отклонение от нормы. Правда, потом, по мере привыкания или практики, оно тоже становится нормой, но научной нормой. Эта норма средствами культуры транслируется и через некоторое время в результате распространения и привыкания становится обычной нормой. А затем вновь возрождается проблема: новая практика фиксирует отклонения от нормы, приводит через открытие к новой норме и т.д. С точки зрения культуры закон – нормативное образование, с точки зрения целей и деятельности познания закон – отклонение от общепринятой нормы. Это отклонение можно зафиксировать только в дидактическом эксперименте, модельном по своей природе. В методике обучения физике эти фундаментальные методологические положения следует прямо учитывать.

2. Знаковое мышление как возможность понимания физического мира. Физическое мышление – ключевая мыслительная (теоретическая) деятельность, которой надо овладеть в обучении физике. Отсюда и постоянное внимание к ней.

Знаки и знаковые образования в обучении. Прежде всего, в 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, модели движения – через задание модели взаимодействия объектов. А в целом знаковым является любое описание.

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. *Обычно в модели явления в зависимости от задачи находят выражение два аспекта: это движение и взаимодействие.* В механике эти стороны физического явления изучаются обособленно: в кинематике рассматривается характер движения тел, а в динамике – причины их движения (взаимодействия).

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 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 может быть несколько моделей, между моделями исторически существует конкуренция, и все они имеют границы применимости. В целом в результате предметной, мыслительной, рефлексивной деятельности формируются иерархии моделей. Заметим, что в практике обучения нет использования нескольких моделей одного объекта.

Знаки и знания. Сейчас в методологии признается, что в человеческом мире единственной фундаментальной реальностью утверждается деятельность. В виртуальных мирах не любая деятельность возможна. Не любую деятельность их средствами можно передать. Например, в распространенной сейчас практике использования интерактивной доски мы имеем в качестве объектов оперирования знания и воспроизводим деятельность со знаниями. Знания представляются на доске в форме знаков и

их отношений. Но это только один аспект формирования мышления. Внешняя предметная деятельность с реальными объектами необходима.

В образовании социально-историческая природа мышления проявляется в первичном освоении сначала норм культуры мышления в коллективной деятельности, параллельно и самоценно сопровождающейся, в частности, предметной деятельностью (материальным экспериментированием и др.). Понятно, что деятельность при присвоении норм культуры (в форме знаний) тоже фундаментальна в обучении, отсюда вся важность организации деятельности со знанием. Причем деятельность со знаниями не должна противопоставляться материально-предметной деятельности.

При массовом обучении, что сейчас все более усложняющаяся необходимость, трансляция знаний – фундаментальный и экономный механизм образования. Но упаковка и распаковка знаний при их трансляции никогда не происходят автоматически, а сейчас тем более требует специальных усилий. Типичная проблема: как за знаком (знанием) расшифровать деятельность?

Наша теоретическая позиция по деятельности над знанием выражена в ряде следующих тезисов-мыслей.

- Деятельность со знаниями в обучении стара как мир, особенно в математике и физике. Правда, плохо разделяется деятельность со знанием (определение, повторение и др.) для его усвоения как нормы и деятельность со знанием для его развития и совершенствования (новое доказательство, границы применимости и др.).

- Исторически в методике обучения физике существуют два принципа понимания, познания и организации обучения: а) натурный, или узко материалистический, б) деятельностный. И природа знаний через них существенно различается: в первом случае определена схема «объект – взаимодействие – субъект», в итоге – знание; во втором случае вещи, свойства – результат социальной деятельности, образования деятельности, отсюда знания социальные и историчны. В итоге 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 парадигме деятельности, в обучении происходит присвоение знаний. (Пишут: чтобы стать человеком надо прикрепиться к деятельности, к культуре, знаниям...) Подчеркнем, что в широком смысле знания (как фиксация опыта) – основная форма представления деятельности и отсюда, конечно, учебной деятельности. Но в обучении присвоение знаний идет в разных формах предметной деятельности. Например, широко известно требование в теории поэтапного формирования понятий и умственных действий формирования деятельности в материальной форме.

▪ Важно, что экспериментирование как учебная деятельность одновременно является формой экспериментирования над знанием под цель – освоение живого (личностного) знания, т. е. опыта. И методолог А. В. Ахутин жестко утверждает: «Короче говоря, то или иное понятие предмета, всегда уже предшествующего научному познанию, – вот что подлежит исследованию экспериментатора уже в самом начале»; «эксперимент есть в равной мере как действие с предметом, так и действие с понятием» (1976, с.14, 240); «Экспериментальное наблюдение требует умения видеть существенное – существенное с точки зрения определенного научно-теоретического замысла: ведь в нём и определяется, что значит существенное» (там же, с. 27); «Развитие теоретического метода идет не от измерения к определению единства, а наоборот. Измерению всегда предшествует открытие «среза» объединения, т.е. открытие того, в чем различие может сравниться» (с. 138); «Разумеется, преобразовать сознание можно лишь в той мере, в какой я вовлекаю его в преобразование предмета, и, напротив, всякое преобразование предмета формирует и новое понятие о нём – это, собственно, и составляет содержание эксперимента» (с. 206). Повторим: «теоретическое понятие может предметно существовать только в условиях эксперимента, т. е. только пока существует реальный предмет, идеальным «продолжением» которого (в процессе предельной идеализации) является понятие» (с. 218–219).

• Рационально различать 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).

• По видам возможно различение знаний на предметные, методические и др. В методике сейчас оправданно выделение трех специфических областей деятельности: науковедческая и исследовательская деятельность (поиск новых научных знаний и их трансляция); проектирование и конструирование содержания образования и методик; практическая образовательная деятельность – деятельность преподавания и учебная деятельность в единстве предметной деятельности и деятельности учения. Последнюю психологи (И. И. Ильясов и др.) задают как деятельность по самоизменению, как рефлексию опыта, отсюда в большей степени как деятельность с личным знанием. Очевидно, что в каждой области есть свои знания и свои особенные деятельности со знанием. И надо это выделять и различать. Например, метод научного познания в форме «факты – модель –

следствия – эксперимент» – это одно знание, а принцип цикличности в форме «факты – модель – следствия – эксперимент» – другое знание. Заметим, что **в обучении стратегическим остается задание норм знаний (научных, методологических...), а затем овладение деятельностью.**

Знаки и мышление. Г. П. Щедровицкий жестко писал: «Мышление формируется не на основе чувственных форм отражения, а вне их» (1997, с. 579). А на чём это: «вне их»? Ответ: на основе работы со знаками (моделями) в связке с объектами.

Очевидно, для движения вперед в физическом образовании нужна твердая точка опоры. Считаем, что внешняя точка опоры – это организация полноценной деятельности моделирования и экспериментирования. Внутренней точкой развития субъекта и источником его эффективной внешней деятельности является присвоение физического мышления и мировоззрения. И это присвоение должно быть методологически и методически верно задано. Прежде всего, это работа со знаками-моделями.

Для обучения важно задать некую инструментальную модель мышления, которая бы, вскрывая суть этой (мыслительной) деятельности, давала бы возможность с помощью содержания и процессов управлять её воспроизводством (или формированием). В связи с этим интерес представляет выражение мышления как метода (средства) познания. Фундаментальным элементом такого выражения мышления является мыслительный акт, а в итоге – система актов (проблематизация, выбор метода, действие на проблему, результат, его рефлексия и 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).

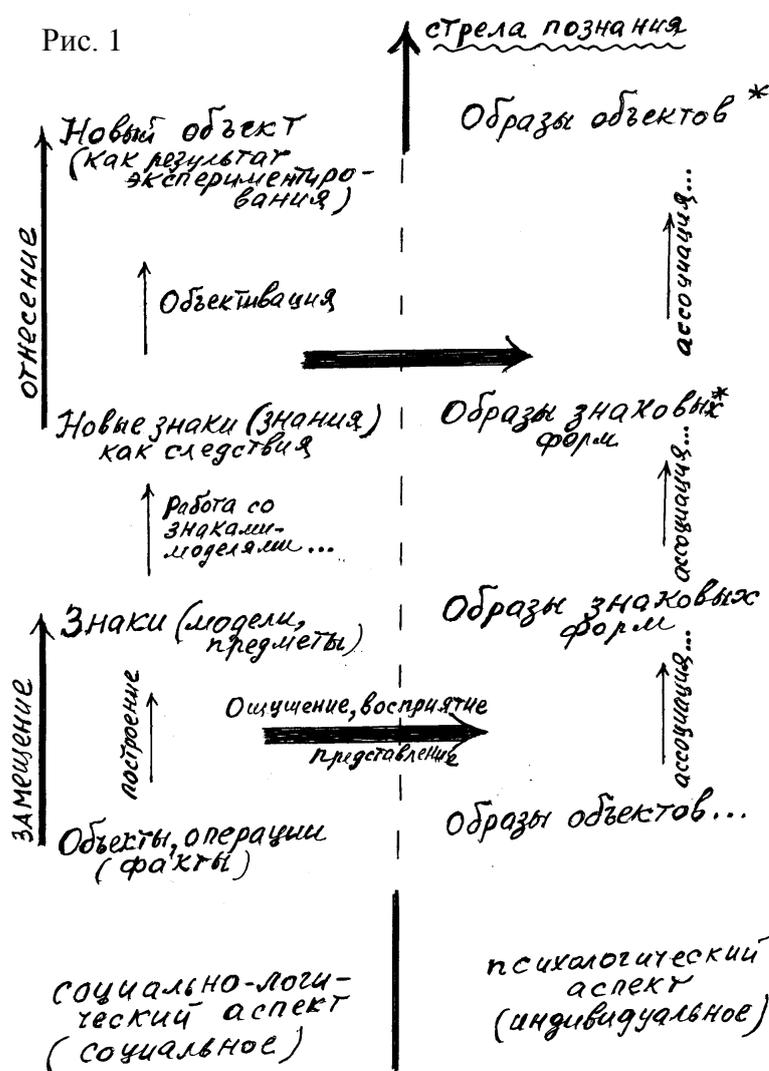
Но макрохарактеристик мышления недостаточно. Выделяют слой микропроцессов и их характеристик: построение системы (проблематизация, структурирование, моделирование, взаимодействие), анализа (абстрагирование, различение, разделение, исключение из системы), синтеза (гипотезирование, обобщение, отождествление, объединение, включение в систему), дедукции. Микропроцессы – более дробные, универсальные акты мыслительного действия. Заметим, что Г. П. Щедровицкий считал деятельность структурой, а И. И. Ильясов, соглашаясь с таким видением, выделяет в качестве компонентов процессы (1986, с. 126). По-видимому, это распространяется и на мышление, т. е. мышление представляет собой систему процессов.

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, но 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, для того, чтобы осознанно вести мыслительную деятельность, надо действовать на мышление речевой деятельностью, знаками, средствами логики, предметными действиями при экспериментировании и т. п. 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» (2004, с. 367).

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

Повторим, в определении мышления уже достаточно четко задается отношение «объект – знак». Это отношение во всех аспектах взаимосвязи должно быть осмыслено и заложено в технику исследований. Известный философ А. А. Зиновьев по этому поводу убедительно писал: «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» (2006, с. 11).



А. А. Зиновьев по этому поводу убедительно писал: «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» (2006, с. 11).

Перспективной, на наш взгляд, является следующая схема-модель знакового мышления (рис. 1): социально-деятельностное по природе отношение А «объекты – знаки» находит отражение в

психолого-физиологическом отношении В «образы объектов и операций – образы знаковых форм и операций с ними» (Г. П. Щедровицкий, 1997, с. 578 и др.). Все эти аспекты как вариант описания важны для понимания

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

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

В целом сама схема (см. рис. 1), несомненно, **несет функции модели**: согласует социально-историческую природу мышления и психолого-физиологические аспекты этого феномена, объясняет некоторым образом интериоризацию опыта предметной деятельности, обеспечивает понимание для процесса обучения замещения деятельности с объектами деятельностью с моделями, объясняет природу и необходимость деятельности с моделями разных уровней и необходимость и роль онтологизации и др. Следует отметить, что в модели только косвенно отражается активность субъекта в мыслительной деятельности, хотя значение воли, чувств, мировоззренческих ориентировок деятельности трудно переоценить.

Раскрытие моделирования как формы мышления хорошо представлено в рефлексивной познавательной деятельности современных физиков. Специалисты твердо утверждают: «Даже в тех случаях, когда кажется, что объект чисто объективно существует сам по себе, он в действительности в том виде, каким представляется, существует только в отражении, как модель, и обязательно несет на себе отпечаток деятельности субъекта по его выделению из среды... Ощущения на основании некоторой меры устанавливают границы, как бы структурируя в том или ином отношении отражение мира у субъекта, выделяя границами объекты» [3, с. 9,13].

А. Эйнштейн, как бы заранее поддерживая мысль Г. П. Щедровицкого, писал: «Наука занимается совокупностью первичных понятий, т.е. понятиями, непосредственно связанных с чувственными восприятиями... Эта новая «вторичная система», которая характеризуется большим логическим единством, содержит зато только такие собственные элементарные понятия (понятия второго слоя), которые прямо не связаны с комплексами чувственных ощущений. Продолжая усилия для достижения логического единства, мы приходим... к третичной системе, ещё более бедной

первичными понятиями и соотношениями...» (1967, с. 203). Здесь емко показана стратегия физического мышления, важная сейчас для развития физического образования.

Итак, получается, что на макроуровне в системе интеллектуальных процессов мышление, во-первых, тесно связано с коммуникацией, пониманием, рефлексией, предметной деятельностью, во-вторых, достаточно узко дифференцируется как деятельность со знаками (моделями) в связи с исследованиями объектов и явлений реальности (практикой).

Для эффективного **формирования в обучении современного физического мышления** необходим поиск новых методических решений. Такая работа, конечно, постоянно идет и представлена явно или неявно во многих публикациях. Подчеркнем здесь значение лишь следующих важнейших направлений методической деятельности:

- Физическое мышление задается или вырастает в ходе исследований реальных объектов и явлений физического мира, результаты которых должны находить выражение в теоретических моделях.

- Для успешного формирования мышления весьма важен диалог, речевая коммуникация при выполнении школьниками предметных действий.

- Технология решения физических задач должна быть изменена в сторону описания физических явлений при работе с задачей, теоретических и экспериментальных исследований при решении задач, а не просто в выполнении формальных математических действий.

- Специальные и особые усилия должны быть направлены на реализацию в разных методических решениях логики метода научного познания, представленного схемой «факты, проблема – гипотеза, модель – следствия – эксперимент, практика» [10-11, 16-20].

- В учебных системах физических знаний должно быть последовательно и четко выполнено различие объектов и явлений реальности и средств их описаний (моделей, физических величин, законов и др.).

- В качестве мировоззренческой парадигмы, т.е. исходных модельных представлений, для формирования современного физического мышления следует опереться на концепцию взаимодействий (В. В. Мултановский, 1977) и концепцию универсального эволюционизма (В. С. Степин и др.).

В целом фундаментальные (методологические, психологические, педагогические) представления о мышлении доказывают необходимость усиления внимания к освоению отношения «физическое явление – модель» при изучении всех вопросов.

3. Примеры-следствия освоения деятельности моделирования.

Работа с учебными физическими задачами. Школьная учебная физическая задача, во-первых, – это образование методического мышления и деятельности, во-вторых, по функции – это средство, инструмент воспроизводства физического мышления и деятельности в условиях обучения (усвоение нормы), в-третьих, – это объект изучения и исследования. Отсюда и особенности отношения с задачей (рис. 2). Здесь



Рис. 2

четко видны взаимные переходы «знак – объекты природы», причем в ходе работы с задачей происходит изменение знаковых систем (переформулировка требования, изменение языка задания и др.). В этих отношениях и переходах и существует (выражается) мышление. Со знаками надо работать на доске и в тетради, с объектами – лучше экспериментировать, но можно их и изображать, понимая, что это обозначение реальности. Не случайно опытные учителя подчеркивают значение

рисунка.

Учебные физические задачи в большинстве случаев сформулированы в рамках правил теории, фактически связаны и направлены на освоение знаний этой теории. Но необходимо, что принципиально, ставить и решать проблемы описания реальности. Именно тогда вскрывается модельность наших представлений, именно тогда формируются творческие умения находить (строить) нужные методы решения, понимать их ограниченность. Здесь громадный ресурс интереса к физическому познанию. Напомним, как интересны экспериментальные задачи! Общество физиков, методистов, учителей должно быть едино в усилии – ни урока без экспериментальной задачи! А это, в том числе, и умение «видеть» задачи вокруг себя.

Работа по объяснению физического явления. Современное понимание чего-либо без построения модели невозможно. И физика пронизана отношением «явление – модель».

Два простых примера по изучению явления испарения жидкости и явления

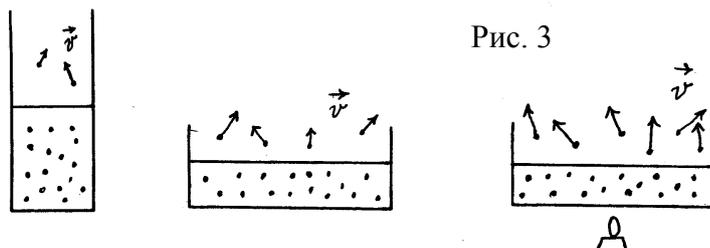


Рис. 3

фотоэффекта. Многолетний опыт преподавания убеждает, что просто поставить опыты, а тем более ограничиться определениями и формулой Эйнштейна – малопродуктивно. Нет необходимого понимания.

В первом случае используется молекулярно-кинетическая модель явления (рис. 3). При её изучении (теоретическом исследовании!) осваиваются необходимые знания: Как движутся частицы вещества (молекулы) в жидкости? Изменяется ли их движение при нагревании? Как они взаимодействуют между собой? Как меняется условие взаимодействия частиц, если стакан с жидкостью закрыть? Есть ли в этом случае явление испарения? Почему испарение зависит от площади испарения? Почему испарение зависит от нагревания жидкости?

Во втором случае используется микромодель явления внешнего фотоэффекта, она может быть задана несколькими рисунками (рис. 4), по экспериментальным сюжетам. Вопросы при изучении модели:

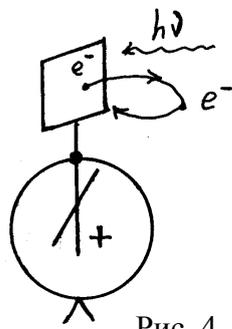
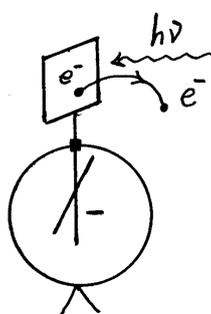


Рис. 4

Взаимодействие каких объектов приводит к явлению фотоэффекта? Почему не любой фотон может «выбить» электрон? Происходит ли фотоэффект при положительно заряженной цинковой пластике? Почему он не наблюдается в школьном опыте? Зависит ли интенсивность фотоэффекта от числа падающих фотонов?

фотонов?

В целом теоретические обобщения школьного курса физики невозможны без явного использования моделей. В учебнике физики нового поколения приведен пример рассмотрения современной физической картины мира как модели [15].

Заключение. Освоение деятельности моделирования – стратегическая задача обучения физике. В разнообразии конкретных действий у школьников формируются современные системы понятий, они овладевают методом научного познания природы, способны понимать и познавать человеческий физический мир.

Список литературы

1. Ахутин А. В. История принципов физического эксперимента М.: Наука, 1976.
2. Губин В. Б. О физике, математике и методологии. М.: ПАИМС, 2003.
3. Губин В. Б. О науке и лженауке. М.: Изд-во РУДН, 2005.
4. Зиновьев А. А. Фактор понимания. М.: Алгоритм, 2006.
5. Ильясов И. И. Структура процесса учения. М.: Изд-во МГУ, 1986.
6. Коварский Ю. А. Роль мысленных моделей и методика их использования в процессе обучения физике: автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 1978.
7. Коханов К. А., Сауров Ю. А. Методология функционирования и развития школьного физического образования. Киров: ООО «Радуга-ПРЕСС», 2012.

8. Лекторский В. А. Эпистемология классическая и неклассическая. М.: Эдиториал УРСС, 2001.
9. Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. М.: Просвещение, 1977.
10. Разумовский В. Г., Майер В. В. Физика в школе. Научный метод познания и обучение. М.: ВЛАДОС, 2004.
11. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Сауров Ю. А., Майер В. В. Технология развития способностей школьников самостоятельно учиться, мыслить и творчески действовать // Физика в школе. 2007. № 6.
12. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Майер В. В., Никифоров Г. Г., Сауров Ю. А. Физика: учебник для уч-ся 10 кл. общеобразов. учреждений. Часть 1 / под ред. В. Г. Разумовского и В. А. Орлова. М.: ВЛАДОС, 2009.
13. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Майер В. В., Никифоров Г. Г., Сауров Ю. А. Физика: учебник для уч-ся 10 кл. общеобразов. учреждений. Часть 2 / под ред. В. Г. Разумовского и В. А. Орлова. М.: ВЛАДОС, 2009.
14. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Майер В. В., Никифоров Г. Г., Сауров Ю. А., Страут Е. К. Физика: учебник для уч-ся 11 кл. общеобразов. учреждений. Часть 1 / под ред. В. Г. Разумовского и В. А. Орлова. М.: ВЛАДОС, 2011.
15. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Майер В. В., Никифоров Г. Г., Сауров Ю. А., Страут Е. К. Физика: учебник для уч-ся 11 кл. общеобразов. учреждений. Часть 2 / под ред. В. Г. Разумовского и В. А. Орлова. М.: ВЛАДОС, 2011.
16. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Майер В. В., Сауров Ю. А. Стратегическое проектирование развития физического образования. Киров: ИРО Кировской области, 2012.
17. Сауров Ю. А. Физика в 10 классе: Модели уроков: кн. для учителя. М.: Просвещение, 2005.
18. Сауров Ю. А. Физика в 11 классе: Модели уроков: кн. для учителя. М.: Просвещение, 2005.
19. Синенко В. Я. Экспериментальная основа современного обучения учащихся естественнонаучным дисциплинам. Новосибирск: Изд-во НИПК и ПРО, 2011.
20. Синенко В. Я. Естественнонаучные знания – основа современного образования. Новосибирск: Изд-во НИПК и ПРО, 2012.
21. Солодухин Н. А. Моделирование как метод обучения физики в средней школе: автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 1971.
22. Степин В. С. Теоретическое знание. М.: Прогресс-Традиция, 2000.
23. Щедровицкий Г. П. Избранные труды. М.: Школа культурной политики, 1995.
24. Щедровицкий Г. П. Философия. Наука. Методология. М.: Школа культурной политики, 1997.
25. Щедровицкий Г. П. Проблемы логики научного исследования и анализ структуры науки. М., 2004.
26. Щедровицкий Г. П. Мышление – Понимание – Рефлексия. М.: Наследие ММК, 2005.
27. Штофф В. А. Моделирование и философия. М.; Л.: Наука, 1966.
28. Эйнштейн А. Собрание научных трудов в четырех томах. Т. IV. М.: Наука, 1967.