

научная лаборатория



ГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Научная лаборатория
«Моделирование процессов обучения физике»

Ю. А. Сауров

Модели и моделирование в методике обучения физике

(логико-методологические поиски)

Монография

Киров
2016

УДК 37.016: 53
ББК 74.265.1
С21

Печатается по рекомендации Научного совета
Вятского государственного университета

Рецензенты: д-р педагогических наук, профессор
И. В. Гребенев (г. Н. Новгород), д-р педагогических наук
Я. Д. Лебедев (г. Вологда), профессор А. М. Слободчиков (г. Киров)

С21 **Сауров, Ю. А.**

Модели и моделирование в методике обучения физике: логико-методологические поиски: монография [Текст] / Ю. А. Сауров. – Киров: ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС», 2016. – 216 с.

ISBN 978-5-9908874-5-9

В монографии выполнено обобщение многолетних исследований учебной деятельности моделирования. Предметом внимания является присвоение, формирование этой деятельности у школьников при обучении физике. Книга предназначена для проектирования физического образования ближайшего будущего.

Monograph done synthesis of years of research training activities. The focus is to assign, the formation of this activity among schoolchildren in learning physics. The book is intended for the design of physical education in the near future.

ISBN 978-5-9908874-5-9

© Ю. А. Сауров, 2016
© ВятГУ, 2016

*Памяти выдающегося методиста-физика и мудрого человека
профессора В. В. Мултановского
посвящая эту работу*

Предисловие

В 2016 году планируется проведение седьмой всероссийской научно-теоретической конференции «Модели и моделирование в методике обучения физике» (1997, 2000, 2004, 2007, 2010, 2013, 2016). Она была создана и существует до сих пор инициативой единомышленников. Назовём тех, кто внёс содержательный вклад в её организацию и проведение: профессор В. В. Мултановский из Кирова, профессор В. Г. Разумовский из Москвы, д-р пед. наук Р. В. Майер и профессор В. В. Майер из Глазова, д-р пед. наук Я. Д. Лебедев из Вологды, профессор И. В. Гребенев из Н. Новгорода, профессор Е. М. Вечтомов из Кирова, д-р пед. наук И. И. Нурминский из Москвы, доценты К. А. Коханов и Г. А. Бутырский из Кирова, доценты Е. И. Вараксина и Ю. В. Иванов из Глазова, заслуженный учитель РФ К. И. Гридина, канд. пед. наук М. В. Исупов и О. Л. Лежепёкова из Кирова, В. О. Савош с Украины... Никогда конференция не финансировалась, но в разные годы площадку для неё предоставляли ВятГГУ, Кировский ИУУ (ИПК и ПРО, ИРО Кировской области).

Все мои аспиранты (К. А. Колесников, К. А. Коханов, Ю. В. Иванов, Л. В. Хапова, М. В. Исупов, М. С. Атепалихин, Н. В. Соколова, О. Л. Лежепёкова, М. П. Позолотина, Д. В. Перевощиков и др.) при выполнении исследований в большей или в меньшей степени рассматривают вопросы моделирования. Примерно за тридцать лет на этом предметном материале выросли два крупных методических проекта – модели уроков как технологии изучения курса физики старшей школы и методология методики физики как метамодель методической деятельности. В целом за эти годы вышли сотни различных публикаций от статей до книг. Сейчас, оглядываясь назад, в должной мере осознаёшь, что всегда эти публикации смотрели вперед, несли потенциал развития методики обучения как науки и практики.

Постепенно накоплен в разных формах большой материал для понимания природы и функций как физических, так и методических моделей. И теперь он даже сам по себе двигает физическое образование вперед. Время убеждает, что актуальность обозначенной темы только растёт, новое поколение ФГОС пронизано разными модельными представлениями. Вот почему наша миссия – создание традиции в системном использовании моделей, а не просто применения по инерции того, что есть.

Мы считаем, что издание монографии подводит некий итог предшествующему движению и обозначает новые научно-образовательные действия. Вот почему наше внимание останавливается не только на решениях, но и на проблемах. Это объяснимо тем, что проектирование будущего остаётся многосложной целью. Она требует коллективного методологического, дидактического и прикладного осмысления деятельности моделирования. Она требует развернутых технологических решений.

ВВЕДЕНИЕ: МЕТОДИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ С МОДЕЛЯМИ

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**

В методике обучения физике как науке, естественно, речь должна идти о методических моделях вне зависимости от особенностей «захватываемого» материала. Содержание, конечно, накладывает отпечаток на конструирование и использование моделей, прежде всего, в форме видového разнообразия моделей: теоретико-методологические модели фундаментальных образовательных процессов трансляции «опыта рода», коллективной и индивидуальной познавательной деятельности, процессов развития субъектов деятельности и др.; дидактические модели (содержания образования, процессов обучения, систем диагностики и др.); учебные модели физических объектов, учебные модели физических явлений и др.

О методологических проблемах использования моделей.** Можно обоснованно утверждать, что физическое мышление, а отсюда и моделирование как форма его реализации, требуют многомерного задания [71]. А это пока в теории и практике освоено плохо. Отсюда при работе с эпистемологическими единицами (факт, идея, принцип, модель, величина, свойство, закон и др.) при освоении моделирования возникают многочисленные трудности. Подчеркнём, сложность и многофакторность понятий требуют многомерного пространства для задания (описания) их отношений. И при этом важно учитывать деятельностьную природу знаний, историю «возникновения» физических понятий, психолого-физиологические механизмы мышления... Не случайно моделирование относят к фундаментальной деятельности.

Так что же позволяет данное видение в понимании методического моделирования? Обозначим для проектирования этой деятельности несколько суждений. Во-первых, в голове человека моделей нет, их природа социально-логическая, модели – результат по-

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

** См. публикацию в материалах конференции (2010. С. 26–29).

знавательной деятельности, обычно – в коммуникации на основе предметно-преобразующей деятельности. Во-вторых, нет раз и навсегда сформулированных (открытых) моделей, все они носят исторический характер и при изменении человеческой деятельности (что обязательный эффект) изменяются. В-третьих, природа моделирования требует выбора (логического, социального и др.) нужной модели из некоего их ряда, отсюда все модели имеют границы применимости. В-четвертых, устойчивость моделей (распространенность известных моделей) объясняется консервативностью практики, общими особенностями познавательной деятельности людей. В-пятых, творчество человека в познании и образовании (в конкретной ситуации конкретной жизни) связано как с созданием новых моделей, так и с расширением области применения известных моделей.

Об общих чертах исследования методических моделей.* Методика обучения физике использует модели из других областей научного знания, прежде всего из дидактики, психологии, педагогики, социологии. Это использование и стихийное, и сознательное, оно является выражением влияния на методiku физики других знаний, представлений, методов, подчеркивает прикладной характер методики физики. Теоретическая методика (прежде всего, через докторские 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 диссертационные исследования. Но разнообразие теоретических схем, нередко экзотических, имеет тенденцию к отрыву от действительности. В методике физики забыт принцип Оккама, не изобретать сущностей без необходимости. И это не случайно. Простые методические системы рождаются трудно, но ещё труднее реализуются. Их суть не в некоем отражении истины, а в эффективной реализуемости. Последнее требует живой деятельности. В прикладной области надо вовлечь в такое внедрение множество специалистов и учителей-практиков. А как это сделать? Личное творчество и интересы субъекта, прежде всего по организационным причинам, приходят в противоречие с интересами общества: субъект не может все время отдавать бесплатно свои идеи, исполнитель не желает быть только транслятором решений и т.п.

В последние два десятилетия в методике физики резко усилился интерес к вопросам **методологии**, выполнено до десятка только докторских диссертаций (Ю. А. Сауров, 1992, И. Г. Пустильник, 1997, Н. В. Шаронова, 1997, С. В. Бубликов, 2000, П. В. Зуев, 2000, В. В. Майер, 2000, А. Н. Малинин, 2000, А. А. Никитин, 2001, Н. Е. Важеевская, 2002, А. И. Лешуков, 2003,

* См. первую публикацию в материалах конференции (2004. С. 38–40).

И. Я. Лебедев, 2004 и др.). По нашему убеждению, одной из внутренних причин является стремление разобраться в построении и использовании методических моделей, в выяснении процедур построения моделей. В практическую плоскость встает вопрос об уровнях описания явлений практики в методике обучения физике, а это, в свою очередь, толкает к решению проблем методических моделей.

Следует подчеркнуть, что методика обучения физике не естественная наука, она занимается конструируемой реальностью. Отсюда и внимание проектированию и планированию особенностей «игры» в модели.

Общая проблематика исследований методических моделей выделена и представлена ниже.

▪ **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).

▪ **Знания о моделях и моделировании**

- Виды моделей и моделирования (классификация, другие характеристики)
- Приемы отбора и построения методических моделей разного вида
- Определение и задание функций методических моделей
- Приемы функционирования деятельности методического моделирования.

▪ **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 и процедуры исследования методических моделей
- Построение моделей для решения исследовательских задач (построение признанных методик исследования, построение гипотез, концепций, теорий).

▪ **Построение учебных моделей для решения образовательных и воспитательных задач обучения физике**

- Организация практики построения учебных моделей физических объектов

➤ Организация практики построения учебных моделей физических явлений

➤ Организация практики построения дидактических моделей.

О смыслах моделирования в обучении физике.*

Феноменологическое видение (наблюдение и даже эксперимент) объектов и явлений не даёт понимания сущности явления. В принципе не глаз видит, а видит мозг (а значит, ум, память, знания и т.п.). Вот почему, исторически довольно рано, возникает потребность в неких изображениях объектов и явлений. Так постепенно в познании появляется функция модели и её носители. В фундаментальной физике обычно это идеализированные объекты: материальная точка, идеальный газ, абсолютно твердое тело, точечный заряд, однородное поле, гармоническая волна и др. Вместе с моделями приходит власть теоретического метода. Знание моделей – это первый шаг. Овладение деятельностью моделирования, т.е. фактически физическим мышлением с помощью моделей – второй, всё охватывающий, шаг.

Моделирование дает нам возможность перейти от эмпирических фактов в мир теоретических фактов (понятий), а экспериментирование обогащает и обеспечивает прямой и обратный переходы. И в том, и в другом случаях связка «реальный объект – идеальный объект» принципиальна и должна быть задана и освоена в обучении.

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 при исследовании можно получить новое знание.

▪ Модели несут в себе структуру опыта деятельности, 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 (для практики обучения отбираются) 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, распредетизацию, схематизацию, структурное или блок-схемное представление, использование аналогии и др.

* См. первую публикацию в материалах конференции (2013. С. 46–51).

- Уже на этапе построения гипотезы используются разные 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; именно благодаря этому законы так хорошо описывают реальные объекты и явления. Заметим, что в учебных текстах в одном предложении нередко используются понятия, описывающие или представляющие разные миры: взаимодействуют материальные точки, хотя они в принципе не могут взаимодействовать, т.е. надо говорить только о приложенных силах; сила изменяет движение тел, что невозможно как реальность...

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, но и не только); г) разнообразие моделей в познании и обучении, и границы их применимости.

О физическом содержании при организации деятельности моделирования.

Отношение к физическим величинам как к модельным образованиям. 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.

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. (Правда, есть и альтернатива: надо осознанно придать энергии материальный статус, онтологизировать понятие... Сейчас последнее широко используется во вне научной практике.)

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. Здесь 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

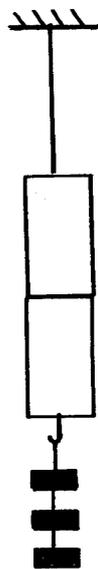


Рис. 1

пронизана отношением «явление – модель». Рассмотрим пример организации мышления с помощью моделей. **Исследование 1.** Как и почему с точки зрения МКТ взаимодействуют свинцовые цилиндры при соприкосновении?

Организация физического мышления школьников при выполнении исследования: выделяются в ходе коллективного обсуждения проблемы, ищется её решение, организуется изображение мыслительных действий в моделях (метауровень).

Проблема 1. Исследовать, при каких условиях цилиндры при соприкосновении «слипаются» (рис. 1)?

Мыслительные действия. Взаимодействуют ли два цилиндра на расстоянии? Заметно ли их притяжение? Заметно ли их отталкивание?

Материальное действие: сначала слабо, а затем **максимально плотно цилиндры соприкасаются плоскими** гранями, но притяжения цилиндров не наблюдается.

Проблема 2. Зачищают известным способом грани свинцовых цилиндров. Почему с точки зрения МКТ при зачистке граней цилиндры взаимодействуют – притягиваются – при соприкосновении?

Мыслительное действие 1. С точки зрения МКТ вещество состоит из частиц. Значит, цилиндры взаимодействуют, потому что взаимодействуют частицы, из которых они состоят. Но почему это взаимодействие не проявляется на расстоянии, но даже и при соприкосновении проявляется только при некой специальной зачистке поверхностей?

Мыслительное действие 2. Построим МКТ модель поверхностного слоя цилиндров и объясним их взаимодействие в разных ситуациях (рис. 2).

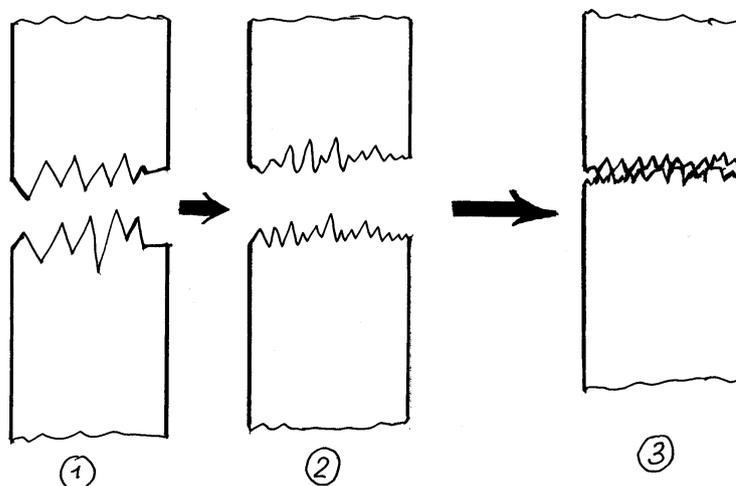


Рис. 2

Как с помощью модели объяснить лучшее соединение цилиндров не только при плотном их соприкосновении, но и одновременном вращении, притирании? По схеме-модели можно предположить, что при притирании частично сглаживаются неровности и плотность соприкосновения (т. е. число взаимодействующих частиц) растёт.

Проблема 3. Почему при взаимодействии цилиндры не становятся одним целым, т.е. почему связь разрывается при подвешивании нескольких грузиков?

Материальное действие 1. Выполняется опыт: наблюдается разрушение связи уже при подвешивании 3-10 грузиков по 100 г.; причем, при внешне одинаковом повторении опытов, число грузиков, необходимых для разрушения связи цилиндров, может быть неодинаковым.

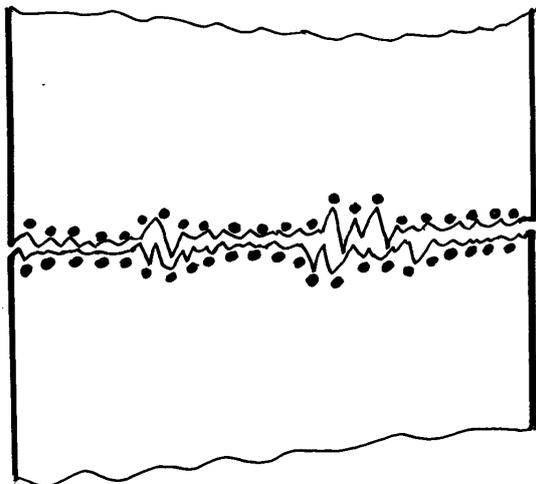


Рис. 3

Мыслительное действие 1. При каких условиях связь цилиндров легче разрушается? Зависит ли это от времени взаимодействия?*

Мыслительное действие 2. На основе построенных МКТ моделей поверхностного слоя предскажем, все ли частицы поверхностей цилиндров взаимодействуют между собой? И к каким следствиям это приводит?

На схеме-модели (рис. 3) видно, что разные частицы поверхностей расположены на разных расстояниях, ближе или дальше. По-видимому, условие взаимодействия (притяжения) соблюдается только для сравнительно

малой части частиц, что находятся на микроскопически близком расстоянии.

Материальное действие 2. Опыт (практика) показывает, что цельный свинцовый цилиндр не разрывается при существенной нагрузке (на порядок больше, чем у нас), значит, действительно, только сравнительно малая часть частиц поверхностного слоя взаимодействует при соприкосновении цилиндров. Возможен опыт.

Итак, 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. *В целом любые теоретические обобщения школьного курса физики невозможны без явного использования моделей.* Например, такое отношение характерно при построении современной физической картины мира как модели (В. В. Мултановский, 1977, К. А. Коханов, Ю. А. Сауров, 2012).

О методической деятельности с моделями физических объектов и явлений.*

1. Историко-методологическое видение исследований моделирования в вятской научной школе методистов-физиков. Нам повезло, что более тридцати лет назад мы выбрали такое направление научно-методической деятельности как модели и моделирование в методике физики.

Основанием интереса к моделям в нашем регионе были работы, живое духовное общение с профессором В. В. Мултановским. Он

* См. первую публикацию в материалах конференции (2010. С. 34–37).

довольно внятно сформулировал в докторской диссертации и монографии отношение к моделям в обучении (1977), хотя непосредственно исследованием освоения моделей в обучении не занимался. В 80-е годы внимание вятских методистов сосредоточилось на разработке концепции дидактических моделей в методике физике и, как частность, на моделях физических объектов и явлений. В начале 90-х годов началось экспериментальное изучение знаний о моделях, возникла лаборатория «Модели и моделирование в методике обучения физике», было организовано проведение раз в три года научной конференции... Параллельно, индивидуально и в творческих группах учителей (более десяти!), осуществлялся поиск методических приемов.

Несомненно, все эти годы в основе решения задачи формирования у учителей и школьников моделирования было отношение к нему как к фундаментальной учебной деятельности. На этой основе выросла широкая программа исследований по формированию методологической культуры субъектов образования [151]. Но все же пока следует признать: основная масса учителей и школьников не готова полноценно и последовательно использовать дидактический потенциал моделирования. Причин много: медленно осваивается отношение к познанию как к построению моделей, слабо интерпретируется содержание как система моделей объектов и явлений, несовершенен аппарат диагностики... Но все же можно утверждать, что в нашем случае первый этап освоения методики деятельности моделирования пройден.

Следующий этап исследований ориентирует нас на доказательство гипотезы о том, что научное творчество как социальную норму продуктивно и экономно не освоить без ведущей деятельности моделирования. При этом при обучении физике полноценно обеспечивается развитие школьников.

2. Теоретико-методологическое основание нового этапа исследований моделирования (2014–2024). Сейчас на основе достижений методологии можно аргументировано говорить о двух ведущих видах учебной деятельности – экспериментировании и моделировании. Физическое мышление, представленное на языке деятельности, выражается как раз в деятельности моделирования и деятельности экспериментирования. Если шире смотреть на экспериментирование как на деятельность с реальными объектами, так и с понятиями (в целом знаниями), то тогда выделяется некое единство этих деятельностей. Очевидно, что и в обучении эти деятельности должны осваиваться как приоритетные цели (нормы), но с точки зрения дидактической целесообразности они различаются, взаимно дополняя друг друга. Этот подход нашел реализацию в новом учебнике для старшей школы (ред. В. Г. Разумовский и В. А. Орлов).

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. Уже довольно хорошо осознано значение использования моделей, раскрыты те или иные общие использования моделей, но скромны успехи в разработке эффективных приемов обучения. И совсем не заметны достижения практики обучения. Отсюда и **проблема**: как повысить востребованность моделирования как деятельности практикой обучения?

Для практики важно, что цели и смыслы научно-методической деятельности заключаются в производстве знаний для изменения жизни людей. Отсюда любая научная деятельность носит четко выраженный социальный характер, формируется и организуется в зависимости от понимания задач сегодняшнего (условно) дня. Через инструменты научно-технического прогресса наука изменяет деятельность (трудовую, игровую, духовную...) людей. Поскольку этот фактор как процесс носит непрерывный характер, то в любой индивидуальной научной деятельности он есть в большей или меньшей степени. В организованной кооперированной деятельности в рамках сравнительно короткого времени он может давать социальный эффект, а в определенных обстоятельствах – революционный социальный эффект. Вот почему оправдана настойчивость целевой программы освоения моделирования. В обучении физике это может придать именно революционный социальный эффект, дать физике новые возможности для реализации роли ведущего естественнонаучного предмета в школе.

В обучении связка «реальный объект – идеальный объект» принципиальна, и должна быть освоена. Но сложностей в этом отношении много. Так, с точки зрения деятельностной природы знаний в культуре и обучении теоретический мир первичен. Мы сначала его получаем, осваиваем, формируем. А объективный (реальный) мир является суперпозицией предметных представлений (Г. П. Щедровицкий, Э. Г. Юдин и др.). Но в процессе обучения мы осваиваем этот мир по логике «реальность – модели», хотя в целом объективный мир в субъективном познании вторичен, т.е. является всегда неким итогом познания, освоения некой нормы.

Итак, в обучении воспроизводится в широком смысле опыт деятельности, в том числе в форме присвоения знаний. В коммуникации, при трансляции «опыта рода» очевидно, что первично мы имеем дело с понятиями. Но задают (обозначают) они принципиально разные миры. Первый – 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. Если его много, то он затеняет смыслы материального мира.

В естествознании, в том числе и 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, точнее «кладем» их в реальность (Г. П. Щедровицкий). 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.

3. Совершенствование практики использования моделей в обучении. Цели и смыслы моделирования в целом известны (В. А. Штофф, Л. М. Фридман, В. В. Мултановский, В. Г. Разумовский, И. В. Гребенев, В. В. Майер, Я. Д. Лебедев, Л. Р. Калапуша и др.). Трудности возникают на уровне конкретизации деятельности во всех аспектах: 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, сутью данного этапа методической деятельности с моделями является **обеспечение функционирования норм моделирования по всем школьным учебным теориям (и темам).**

4. О вызове-кризисе в теории и методике обучения физике и его чертах. В последние двадцать лет происходят поиски нового формата физического образования. И, хотя сейчас социальный маятник качнулся в сторону инженерии и естественнонаучного образования, все же нет удовлетворительных, с точки зрения

исторической перспективы и внутреннего состояния науки, решений по организации современного физического образования. Известные в стране профессора (В. Г. Разумовский, В. В. Майер, В. Я. Синенко, И. В. Гребенев...) критикуют существующую систему за невосприимчивость к вопросам методологии, за разрушение массовой практики экспериментирования, за потери в организации творчества и мотивации школьников и др.

Следует признать, что в индивидуальных поисках найдены многие перспективные методические решения, но они разбросаны, не согласованы и не обобщены. Словом, они не получают форму программ. Например, с нашей точки зрения, не получила решения проблема современного учебника, похоже как проблема она уже умерла. Нельзя стихийно, по вдруг возникшему желанию авторов и издательств, построить учебник для будущего, т.е. заложить нормы продуктивной деятельности на десятилетия вперед.

По факту идёт смена поколений во всех направлениях: в организации науки «методики обучения физике», в содержании образования, в изменении методической службы, в системах обучения физики в вузах, в подготовке и переподготовке учительских кадров... По всем этим аспектам в профессиональном сообществе нет единства, к сожалению, копятся и копятся негативные факты. При острой необходимости и динамизме ситуации начинают доминировать простые административно-бюрократические процедуры при введении учебных планов, программ (чего только стоит введение менеджеров в вузах...), что в сложной системе может увеличивать риск ошибок, то есть играть роль положительной (по итогу – отрицательной) обратной связи.

Но все же ключевой проблемой сегодняшнего дня оказывается процесс обучения. Его обеднение объяснимо: вымывание из школы учителей мужчин, а отсюда множество трудностей, начиная от особенностей организации мышления на уроке до жестких объективных требований к знаниям; стихия модных и даже бюрократических нововведений, которые разрушают разумный консерватизм обучения, взамен предлагая словесные концепции без обеспечения. ЕГЭ, конечно, по-своему структурирует учебный процесс, в целом и грубом приближении это выход. Но учтём, что в среднем только 20% выпускников идёт на экзамен по физике, и не все его сдают. Интеллектуальные, мировоззренческие потери от неполноценного усвоения физики в школе огромны. Подчеркнём, что учебный предмет физика в школе (и значительно, в вузе) – предмет гуманитарный. Формируемые здесь компетенции для многих деятельностей – универсальные. Это касается научного метода познания, моделирования как работы со знаками, экспериментирования, конструирования как творчества и др.

В целом основная гуманитарная проблема современного образования – отчуждение школьников от научного мировоззрения и мышления, громадное умственное неравенство людей, закладываемое уже в семье и школе... При решении этой проблемы значение физики – ключевое.

Итак, сформулируем выводы-задачи для проводимого далее исследования.

1. Научную проблему мы видим в существующих разрывах между общим признанием фундаментальной важности освоения моделей и моделирования в обучении физике, весьма медленной практической наработкой методических приёмов и в целом технологий обучения и крайне неудовлетворительным освоением даже отдельных решений массовой практикой обучения.

2. Предмет исследования мы определяем в виде системного представления всех аспектов использования моделей и моделирования в обучении физике.

3. Отсюда центрирование нашего исследования на рассмотрение **идеи-гипотезы**, выраженной в следующих тезисах:

- без радикального переосмысления содержания школьного физического образования под углом зрения элементарных основ методологии невозможно целенаправленное и эффективное освоение моделирования;

- без принятия сообществом стратегических, генерализирующих содержания и процессы обучения, идейных решений о фундаментальности для развития мышления и мировоззрения школьников освоения учебной деятельности моделирования невозможны даже среднесрочные успехи в научной грамотности школьников;

- без постоянных и обеспеченных усилий в повышении квалификации учителей по методике использования моделей и моделирования в массовой школе невозможны устойчивые успехи в освоении современного миропонимания;

- фиксируемые в методике обучения физике болезни мелкотемья, индивидуальных, а не социальных мотивов, «вкусовщины», ориентира на моду и на формально воспринимаемые указания постоянно разрушают условия успешного освоения моделирования как заказа времени.

Обобщение. Рассматривая все аспекты проблематики использования моделей и моделирования в обучении физике, мы опираемся на большое число источников разного характера (тексты, эмпирические факты, собственный опыт в разном виде). Опыт мышления разных авторов (в том числе физиков В. Гейзенберга и А. Эйнштейна) убеждает нас в том, что сложилась некая новая реальность – знаковая реальность. Значение языка, различных ориентировок деятельности, от психических до материальных, в опреде-

ленной степени некая независимость «жизни» знаков (уравнений законов), в том числе в получении новых знаний, позволяет говорить об этой действительности как о реальности. Не случайны в этом смысле слова: «...только теория, т.е. знания законов природы, позволяют нам логически заключать по чувственному восприятию о лежащем в его основе процессе» [24, с. 192]. При этом мир моделей ближе к классической онтологии, чем мир просто знаний. Отсюда вытекает значимость рассмотрения и изучения моделей в образовании. И последняя мысль: есть фундаментальное онтологическое качество моделей – они позволяют видеть сложный человеческий мир природы.

* *
 *

Устойчивые трудности освоения моделирования в разных аспектах на глубинном уровне связаны, по нашему мнению, с изменением наших представлений об образовательной реальности. Здесь ещё много даже не сформулированных проблем.

Почти очевидно, что лично наши относительные успехи в освоении моделирования связаны с вовлечением в эту научно-методическую деятельность большого числа ученых-методистов, аспирантов, учителей физики Кировской области. Так исторически сложилось. И важно этот темп-инструмент развития не потерять.

Глава I. Проблемы реальности использования моделей в обучении физике

Реальность и описания –
близнецы-братья...
Мысль

...Человеку удаётся в полной мере
использовать свои возможности только тогда,
когда он осознаёт свою ограниченность.
*Ф. Хайек**

Видеть факты реальности можно только тогда, когда есть уверенность (знания плюс умения) в необходимости и возможности экспериментально фиксировать образовательные качества. Сам этот процесс далеко не просто причинно-следственный, а зависит от многих обстоятельств. И хотя сами модели – ограничения образовательной реальности, но их использование – необходимость её развития, пусть даже и конструирования.

1.1. Современное различие реальности и описаний в познании

В рамках параграфа вряд ли возможно выделить и представить на историческом материале существенные стороны познания для совершенствования моделирования в обучении физике. Поэтому мы осознанно останавливаемся на отдельных чертах исследуемого предмета.

Без понимания в первом приближении сложных представлений о познании, функционирующих в науке и практике деятельности, трудно продуктивно заниматься всем комплексом вопросов использования моделей и моделирования в обучении физике. При этом следует признать, что ситуация со знаниями о познании сложная, нередко противоречивая, всё время текущая... Но для задач методики нужно выделить хотя бы относительно устойчивые, инвариантные положения. Эти представления о познании генерируются на основе а) духовного опыта мыслителей XX века

* Хайек Ф. Право, законодательство и свобода. М.: ИРИСЭН, Социум, 2016. С. 27.

(А. А. Зиновьев, Т. Кун, К. Поппер, В. В. Налимов и др.), б) современных философов и методологов (А. В. Ахутин, А. В. Лекторский, Э. В. Ильенков, В. С. Стёпин, Г. П. Щедровицкий, В. М. Розин, Э. Г. Юдин), в) опыта деятельности физиков (В. Гейзенберг, П. Капица, Н. Моисеев, А. Эйнштейн и др.), г) педагогического и психологического опыта познавательной деятельности (В. В. Давыдов, В. В. Мултановский, В. Г. Разумовский, В. В. Рубцов и др.). Значительная часть накопленного опыта представлена в наших предшествующих работах [70–71, 150, 152–153, 157]. Ниже выполнено по необходимости краткое обобщение представлений, которое по нашему замыслу является основанием для раскрытия роли моделирования.

1. С давних времен в познании была поставлена **проблема различения реальности и описаний**. Но нюансов решений в разное время и по разному поводу выделено много:

- **Реальность в познании идет от культуры за описаниями в деятельности.** Только на определённом этапе от описаний она получает статус реальности; в науке это требует особой деятельности, практики – онтологизация, овеществление. В целом любая наука определяет для себя и реальность, и описания. Но в целом это делает философия.

- **Сейчас в методике, по нашему мнению, должна быть развернута работа за разделение реальности и описаний в деятельности.** *Ключевые аспекты:* реальность и описания задаются и реализуются в обучении через систему понятий, значит, надо разделить по статусу понятия; все описания – одинаково идеальные по природе образования, но они разные по формам и функциям; возникает проблема отношений между понятиями и их классификации: физические величины, принципы, модели, идеализированные объекты, механизмы, конструкты и др.; различение деятельности с предметами реальности и предметами-описаниями; задание этих различий в учебных текстах и в методических текстах, в действиях; рефлексия недостатков... *Ключевая проблема:* в реальной практике знания о объектах и знания о средствах связаны, склеены, едины... – здесь и возникают многочисленные методические трудности их различения.

- В дидактике физики и реальность, и описания особо нормируются; получается нормируемая реальность. Но в методических проектах логика меняется, оборачивается: «реальность – описания». **Важно понять, что реальность и нормируемая реальность – не одно и то же** (здесь и проходит водораздел понимания и исследования).

- И в современном мышлении такое отношение реальности и описаний нормативно заложено. Схема (рис. 1.1) в главном даёт представление об этом отношении.

2. Сложное (историческое) отношение к познанию и проблема нормирования опыта для эффективного его транслирования.

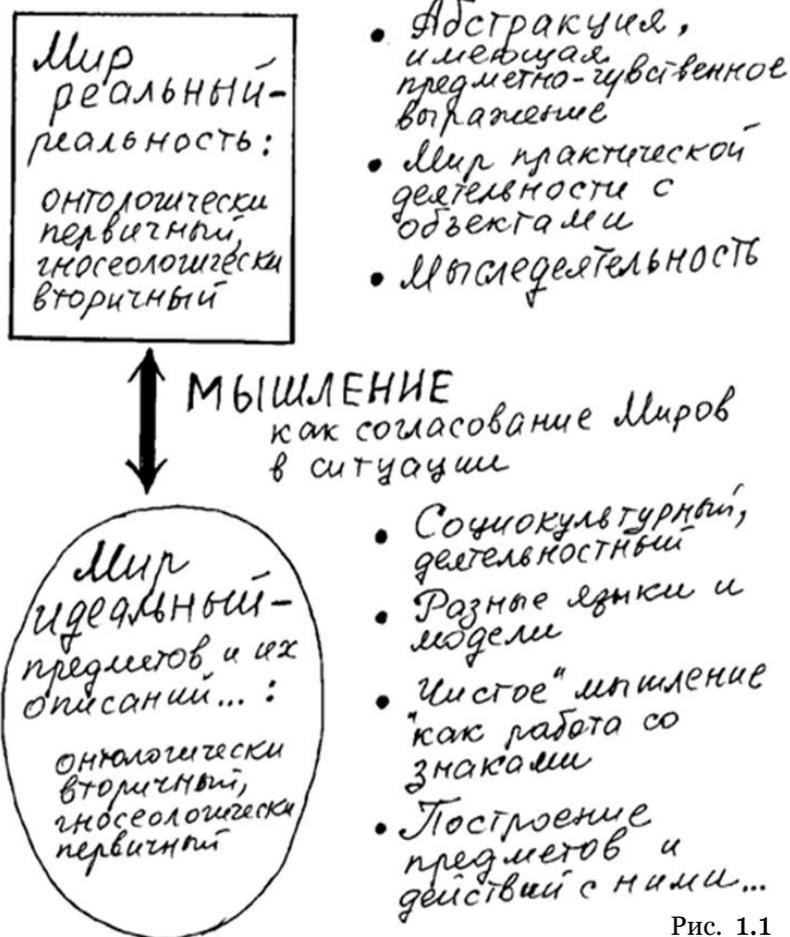


Рис. 1.1

Во-первых, трудный вопрос: кто познаёт, все или нет? Общий ответ – люди, сообщество в целом (Э. В. Ильенков и др.). Но как в частности? По-видимому, убедительно признано, что каждый человек познаёт мир (и это его сущностное качество), но особенные черты, стороны проявляются по-разному, в различной степени, причём явно и характерно в специализированной, профессиональной деятельности учёных, художников, инженеров... В обучении при воспроизводстве деятельности культура

познания в том или ином виде осваивается. Сама эта практика, как твердо показано педагогами и психологами, субъективно несёт все элементы познания. Так, В. Г. Разумовский в монографии доказывает: «...для педагогических целей в творчестве существенна лишь субъективная новизна продукта, лишь субъективная внезапность догадки, лишь субъективная случайность открытия» (1975, с. 38).

Для успеха необходимо, чтобы и процессуально (в структуре учебной деятельности) опыт познания (метод познания) был отражён. Так мы приходим к выяснению ролей моделей и моделирования в познании.

Во-вторых, раз присвоение «опыта рода» – субъектное познание, а присвоить всё невозможно, то следует вопрос: как отбирается содержание? Волею судьбы мы оказываемся в маленький момент времени в маленькой области пространства (рис. 1.2). И это накладывает жесткие ограничения: мы осваиваем часть опыта культуры этого времени, для продуктивной практики моего времени необходимо усвоение не любого, а актуального для моей жизни (потребности, интересы, внешние задачи и др.) опыта; в содержании, например, учебного предмета физика выделяется и адаптируется главное,

знания строятся и интерпретируются согласно современной методологии, в частности, сейчас ядром содержания признается научный метод познания... Вершинные познавательные достижения уровня социального эффекта возможны при некоем стечении обстоятельств: природные задатки, окружение, учителя, свобода и смелость...

В-третьих, в обучении принципиально важна дидактическая установка на самостоятельную познавательную деятельность. Но социальный успех возможен только при освоении востребованных фундаментальных норм познания. К ним относятся нормы знакового мышления, где предполагается постоянное использование моделей. Вот его основные черты: социально-историческое образование; включает несколько разных источников-процессов, в целом сливается с рефлексией и пониманием в интеллектуальную деятельность; мышления без норм не бывает, но прямо нормируется только мыслительная деятельность; мышление предметное, а не просто словесное описание чего-либо; мышление ведущее, речь – ведомое; мышление по природе коллективное, но нормируется как индивидуальное для присвоения; мышление возвращается на подложке известных структур-ориентировок, творческих процессов; мышление не едино по формам-предметам (техническое, методическое, проектное, задачное...).

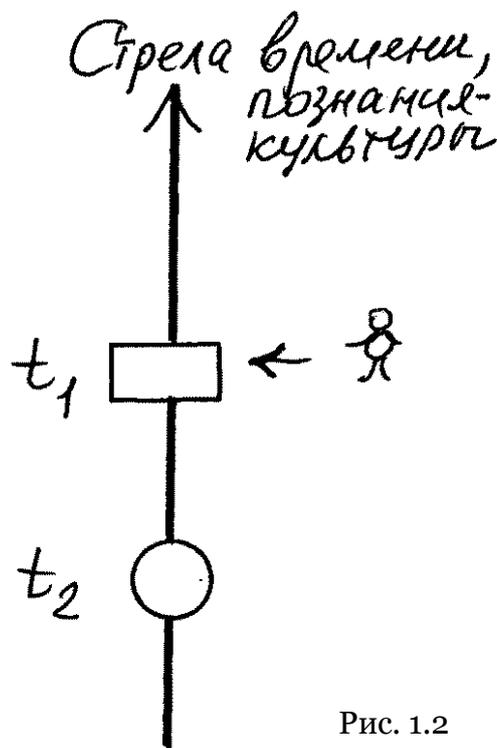


Рис. 1.2

3. Знаки, язык и модели. Тайна языка сопровождает человеческое познание, в целом духовную деятельность. Для нас это ярко и отчетливо принято, в частности, через работы А. А. Зиновьева, В. В. Налимова, Л. Витгенштейна, А. В. Смирнова, Г. П. Щедровицкого (и конечно многих других авторов). Что важно для практического ориентира, для создания точки зрения?

- Приведём для обозначения мира языка, **важного для создания-показа платформы моделирования**, несколько схем-высказываний **Витгенштейна** [22]: «Объекты образуют субстанцию мира. Поэтому они не могут быть составными»; «Мы создаём для себя образы фактов»; «Образ есть модель действительности»; «Каждый образ есть также логический образ»; «То, что образ изображает, есть его смысл»; «Имя не разлагается далее никаким определением: оно – первичный знак»; «Если знак не применяется, то он не имеет значения. В этом смысл «бритвы» Оккама»;

«Предложение – образ действительности. Предложение – модель действительности, как мы её себе мыслим»; «Предложения не могут изображать логическую форму, она отражается в них. Язык не может изображать то, что само отражается в языке. Мы не можем выразить языком то, что само выражается в языке. Предложение показывает логическую форму действительности. Оно выявляет её»; «События будущего не могут выводиться из событий настоящего. Суеверие есть вера в причинную связь»; «Знаки, служащие для одной цели, логически эквивалентны; знаки, не служащие ни для какой цели, логически незначимы»; «Тождество объектов я выражаю тождеством знаков, а не с помощью знака тождества. Различие объектов – различием знаков»; «Иерархии независимости от действительности и должны быть независимы от неё»; «Границы моего языка означают границы моего мира... То, чего мы не можем мыслить, того мы мыслить не можем; мы, следовательно, не можем сказать того, чего мы не можем мыслить... Мир и жизнь едины»; «Субъект не принадлежит миру, но он есть граница мира»; «...математические предложения мы употребляем только для того, чтобы из предложений, не принадлежащих математике, выводить другие, равным образом не принадлежащие математике»; «Также ничего не говорит о мире тот факт, что он может быть описан ньютоновской механикой, но, однако, о мире нечто говорит то обстоятельство, что он может быть описан ею так, как это фактически имеет место. О мире также что-то говорит и тот факт, что одной механикой он может описываться проще, чем другой»; «Употребляя способ выражения Герца, можно сказать: только закономерные связи мыслимы»; «В основе всего современного мировоззрения лежит иллюзия, что так называемые законы природы являются объяснениями природных явлений»; «Мир счастливого совершенно другой, чем мир несчастного» (с. 40, 44, 48, 50, 58, 66, 74, 92, 126, 150, 162, 172, 174, 176, 196, 204, 206, 210, 214).

Мысль

Мы живём в миг времени в точке пространства, и с этой точки зрения все наши ориентировки деятельности носят модельный характер, а наши знания – модели...

- **А. А. Зиновьев** в сознании различает а) содержание – мысли, идеи, образы, б) аппарат (механизм), который подразделяется на чувственно-физиологический и искусственно-знаковый (2006, с. 11). Последний «возникает и функционирует на основе чувственного аппарата». В итоге формируется логический интеллект на основе языков знаков и правил работы с ними. Для Зиновьева **интеллект человека** «есть единство трех аспектов – языкового (знакового), бытийного и познавательного» (с. 124).

Предметы уравниваются с объектами, выражаются знаками (схемами, рисунками, фотографиями и т. п.) и обозначают все, что угод-

но. Выбор предмета – элементарное познавательное действие, выраженное следующими познавательными операциями – мысленный выбор, мысленное сопоставление (там же, с. 14). В другой работе А. А. Зиновьев писал: «Предметы становятся знаками не в силу каких-то причин, заложенных в них самих, а по воле и желанию исследователей. Знаки отличаются от чувственных образов предметов: последние суть состояния исследователя, суть состояния его природного отражательного аппарата, тогда как первые суть предметы, находящиеся вне исследователя, существующие наряду с ним, отделимые от него» (2015, с. 19).

Предмет логики по Зиновьеву это язык в функции «знакового аппарата познания реальности» и средство «фиксирования и сохранения результатов познания» (2006, с. 19). Правила обращения со средствами логики не открываются в природе, а изобретаются вместе с языком. Результаты познания, то есть знания, существуют в разных высказываниях, например, «электрон заряжен отрицательно». Важно, что высказывания «не обозначают предметы как термины, а фиксируют (закрепляют) знания исследователей о предметах» (там же, с. 23). Далее формулируется логика высказываний, она задает рамки мышления.

Для нас важно, что в рамках логики (а не через обобщение результатов наук) строится некая онтология, в которую входят понятия: предмет, признак, событие, состояние, движение, случайность, закон, время, пространство, прошлое, форма (там же, с. 42-45). Конечно, такие предметы строятся на основе всего опыта деятельности.

О законах. «Научными законами (суждениями законов) называют также суждения, явно или неявно предполагающие определенные условия, при которых они всегда истинны» (там же, с. 85). И далее: «Закон может быть открыт путем изучения одного экземпляра явлений данного рода. Для этого нужен логически сложный анализ эмпирической ситуации, включающий отвлечение от множества обстоятельств, выделение непосредственно незаметного явления в «чистом виде», своего рода очищение закона от скрывающих его оболочек. Закон находится как логический предел такого процесса, причем не как нечто наблюдаемое, а как результат логических операций. Законы эмпирических объектов вообще нельзя наблюдать так же, как наблюдаются сами эти объекты». Законы «сами по себе не возникают, не изменяются и не исчезают» (там же, с. 88).

О познании, что важно для нашей темы, А. А. Зиновьев утверждал следующее:

- «Далеко не всегда можно строго утверждать, что идет от средств познания и что от познаваемых объектов» (с. 125). Сравните у В. Б. Губина: «Следовательно, некоторое изменение (в ограниченных пределах) состояния среды может не менять ощущения. Другими словами, имеет место

относительная устойчивость ощущений... Реальность в ощущении упрощается, усредняется, обобщается... Возможность существования моделей и теорий реальности, предназначенных для использования в деятельности и испытываемых ею, но никогда полно и точно не отражающих реальности, проистекает из допустимости получения уже некоторого приблизительного результата, что, в конечном счете, следует из относительной устойчивости ощущений, свойственной живому» (2003, с. 119-120).

- «Научный подход есть особый способ мышления и познания реальности, качественно отличный от обывательского и идеологического» (с. 128). Выделяются следующие правила такого мышления: а) принцип субъективной беспристрастности; б) наблюдение реально существующих объектов; в) следование правилам логики и методологии; г) разделение объектов на эмпирические или реальные эмпирические объекты (отражаются природным аппаратом) и абстрактные (отвлечение от таких свойств объекта, при котором эмпирический объект не может существовать); д) абстрактные объекты нельзя исследовать методами наблюдения, экспериментирования, измерения, но их цель – средство исследования эмпирических объектов...

- Выделяются следующие познавательные действия: «выбор (выделение), сопоставление, сравнение, обобщение, ограничение, анализ (разделение), синтез (соединение), интерполяция, экстраполяция, классификация, эксперимент, **моделирование**, систематизация, аналогия, построение теорий» (с. 137).

- «Вторым фундаментальным средством опытных наук является эксперимент»; «**Одним из методов экспериментальных исследований является метод моделирования**» (с. 142-143). Нет сомнения, что в физике и обучении физике моделирование «обслуживает» (но и ведет!) экспериментирование.

Подчеркивание Зиновьевым роли знаков в познании (отсюда и логики) убеждает нас в стратегическом значении использования моделей в обучении.

- **В. В. Налимов** своими представлениями о познании оказал сильное влияние на наши поиски. Выделим здесь некоторые важные для нашей темы его мысли [111]: «Наука, в диалектическом противопоставлении логического алогическому, моделирует скорее природу самого человека, чем природу описываемого им мира» (с. 14); «Здесь важно обратить внимание на то, что модели, к которым мы теперь так привыкли в науке, могут быть получены только из предпосылок, но не непосредственно из результатов наблюдений» (с. 21); нет раз и навсегда справедливых моделей, даже математические модели не являются «контекстно-свободным языком» (с. 31 и др.); в начале своего появления вероятность новой гипотезы (модели) должна быть низкой, а вероятность известной модели – высокой (с. 46); «Локальные модели – это только взгляд на сложные явления в одном из возможных ракурсов... Построение новой модели не должно обязательно сопровождаться отбрасыванием ра-

нее предложенной... Несколько моделей могут существовать одновременно, образуя целую мозаичную структуру...» (с. 54)*; «Одним из примечательных классов моделей являются классификационные модели... Характерной особенностью этих моделей является то, что они описывают наблюдаемые явления вне причинно-следственных связей» (с. 115); «Можно, наверное, было бы сформулировать некие критерии того, что есть хорошая модель... Левинс говорит, что в моделях происходит обмен между их всеобщностью, точностью и реалистичностью. Усиление одной из позиций немедленно ведёт к ослаблению других» (с. 116); «Искусство моделирования в значительной степени определяется тем чувством меры, которое умеет уравновешивать знания с тем, что хочется узнать» (с. 117); из теоремы Гёделя «следует, что мышление людей существенно богаче его дедуктивной формы...» (с. 196); «Теоретические модели претендуют на проникновение в механизм рассматриваемого явления. Они строятся как некие дедуктивные конструкты, в основе которых лежит чётко формулируемые предпосылки. Они называются нормативными. Поскольку они диктуют некую норму поведения, вытекающую из принятых предпосылок» (с. 237); если условия, предпосылки меняются, то «модель, описывающая явления на поверхностном уровне, оказывается бесполезной» (с. 240); «Если задано несколько альтернативных моделей для описания механизма одного и того же явления, то могут быть поставлены дискриминирующие эксперименты, направленные на выбор лучшей модели» (с. 250); «Теперь мы видим, что появляется тенденция к развернутому представлению знаний через множество равноценных – не подлежащих дискриминации – моделей. Каждая модель, взятая в отдельности, – это свертка знаний, в то же время признание права на существование множества моделей, описывающих одно и то же явление, – это уже развертка знаний о мире. В этом – диалектика развития науки» (с. 264); «Признание права на описание одного и того же явления через множество не согласующихся моделей, осознание того, что случайность – отнюдь не выражение нашего незнания, а наоборот, один из способов представления знаний...» (с. 316); «эволюцию культуры можно понимать не столько как эволюцию текстов, сколько как разрушение прежних фильтров, расширение их пропускной способности» (с. 218).

* Сравните: «...в противостоянии теории вероятностей и нечёткой логики при описании процесса познания с помощью метафоры фрактала базовым понятием является концепт **событие**. В связи с этим модель процесса познания можно условно разделить на три ключевых события (или этапа): этап подготовки, или моделирования познавательной ситуации; собственно этап познания, или извлечение смысла; этап оценки достоверности (истинности) полученных результатов, или извлечённого знания» [66, с. 99].

• Нашим открытием последнего времени были психосемантическая парадигма **В. П. Петренко** (2013) и концепция смыслообразования **А. В. Смирнова** (2015). Обозначим отдельные мысли этих исследователей, важные для нашей темы:

а) В работе **В. П. Петренко** психосемантика предстаёт как парадигма конструктивизма. Вот ключевые положения: категориальные структуры сознания задают концептуальную рамку видения человеком мира (с. 76 и др.); психосемантические методы реконструируют присущие субъекту имплицитные модели мира, которые сам человек может и не осознавать, но которые актуализируются в «режиме употребления» (с. 95); психосемантика – наука о понимании человека, работа психосемантика на 90 процентов является технологией (с. 99); предмет психосемантики, как и предметы других наук, как идеальная модель задается методами и специфическим языком описания; основные понятия психосемантики операциональны, т.е. в свернутой форме содержат процедуру построения исследуемого предмета (с. 106); проблема рефлексии – ключевая для человеческого сознания (с. 120); человек не является жестко детерминируемой системой, подчиняющейся строгим законам, а, обладая внутренним миром и свободой воли, выступает не равным, не тождественным самому себе в каждый новый момент времени; описание человека в психосемантике осуществляется через описание его картины мира (с. 127); сознание можно трактовать как процесс вторичного восприятия объекта в превращенной знаковой форме и введения соответствующего объекту значения в систему отношений с другими значениями языкового тезауруса (с. 222–223).

Автор предлагает парадигму многомерного сознания, представленную главным образом идеями конструктивизма: об активности познающего субъекта, о познании как конструировании моделей мира, о множественности возможных языков, моделей, описаний мира, о структурировании поведения человека по извне/изнутри заданным конструктам (с. 147, 168–174). Эти идеи, как отмечает автор, уже сформулированы в эпистемологии, семиотике, структурной лингвистике, социологии. Как им придать новизну и продуктивность в исследовании сознания? Это отдельная задача, стоящая перед автором. Одна из центральных идей психосемантического конструктивизма заключается в том, что «познание не только описывает, но и творит реальность и теоретические модели по принципу кольцевой причинности участвуют в созидании мира» (с. 148). «Дух времени» соединяется в психосемантике с «духом глубин» сознания, конструктивизм интегрируется с интуитивизмом, в связи с чем психосемантическая парадигма воспринимается как способная претендовать на статус одной из «верных «безумных теорий» в психологии; идея творения новых реальностей посредством сознания не просто декларируется автором, она подвергается проверке практи-

кой. В закольцованном моделями и действиями мире, в едином познавательном котле субъектов и объектов суперпозиция реальностей задаёт фундаментальную онтологическую модель-ориентировку – действительность. И таким образом дает основание-условие для нового витка познания реальности. В некоторых практиках, например, в трудовой деятельности и образовании, такое задание онтологии-действительности – фундаментальный методологический стержень, вокруг которого всё и вертится в жизни индивидуума. Но практика всегда разрывает эту закольцованность (под научную или иную цель). И тогда мир понятен как практика, тогда он «готов» к познанию или преобразованию. Итак, психосемантическая парадигма подчёркивает для нас значение понимания и освоения моделирования.

б) В работе **А. В. Смирнова** – ключевое внимание языку. И здесь ещё существует, как мы видим из текста, много тайн. И наше внимание к предметному языку методики обучения физике далеко не случайно.* Если здесь не будет ясности, не будет развития средств, то не будет и необходимого видения образовательной реальности. Нас волнует проблема смысла в учебных физических текстах.

Но обратимся к мыслям автора. Мы «не обладаем ничем, кроме своего сознания, что любая убежденность в заданности внешнего мира, как и сам заданный для нас мир, – не более чем содержание нашего сознания» (с. 8); текучий, сырой материал ощущений (абсолютный, хотя и наш фон) превращается в наш мир в ходе работы нашего сознания, предметы не даны нам изначально, «возникают» как связность мира и смыслы чего-то – итог деятельности сознания (с. 22). Вещь – всегда субъект-предикатный комплекс; вещь – это центр (раз субъект подлежащее), к которому стягивается всё содержание (многообразие предикатов); путь вещи – от чистой субъектности к краскам предикатов, т.е. от смысла к осмысленности (с. 26). И далее: «мы обнаруживаем мир, потому что обнаруживаем субъектность вне нас» через вещь (с. 31), т.е. через задание некоей границы... «Путь вещи... – творческий путь... Вещи могут полагаться поразному, то есть – не только субстанционально. Вещи могут полагаться процессуально» (с. 47). «Смысл понимается как чистая связность... как чистая целостность»; «связность мира и связность речи могут быть поняты из чистой связности... связность может быть только изначальной. Вот почему мы можем объяснить мир, исходя из анализа сознания, но не наоборот» (с. 68). Смысл субстанциональности – в объяснении мира через мно-

Мысль

В ходе привычки в деятельности мы совсем забыли, что трехмерное пространство – это всего лишь модель, хотя и великая...

* См., например, монографию, целиком посвященную содержанию одного методического знания: Сауров Ю. А. Принцип цикличности в методике обучения физике. Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2008. 224 с.

гообразии качеств-субстанций; смысл процессуальности – в объяснении мира через многообразие действий. Важно, что в последнем случае процесс действия получает независимый онтологический статус (с. 226–227). Мы согласны: если мир, универсум деятельности, полотно красок – это единственное, с чем имеет дело сознание, то картина мира – полотно мысленности, рамка, модель, психосемантическая парадигма... функционирования нашего сознания. Предикация – способ нашего мышления (смысл-ения); мыслить, с-мыслить – рождают смыслы (с. 20, 30 и др.), т. е. встреча двух условий нашего сознания – данности Я и данности Фона ощущений; «мы не можем мыслить то, в чём нет фиксированности, схваченности; но точно так же мы не можем мыслить то, в чём нет текучести» (с. 21). «Между тем мы пока умеем мыслить только остановленное; только то, что возможно благодаря именам, а не глаголам; мы умеем мыслить субстанционально или процессуально, но мы не умеем мыслить, что инвариантно в отношении этих вариантов» (с. 69). Да, мы получили нормы мышления, неважно даже, от чего или от кого. И да, мы понимаем рукотворность логики мышления, законы которой и невозможно нарушить именно потому, что это законы смыслополагания. И только потом и поэтому это законы мира; два разных устройства предикации (С и П – предикация), две логики мышления – априорны (с. 435).

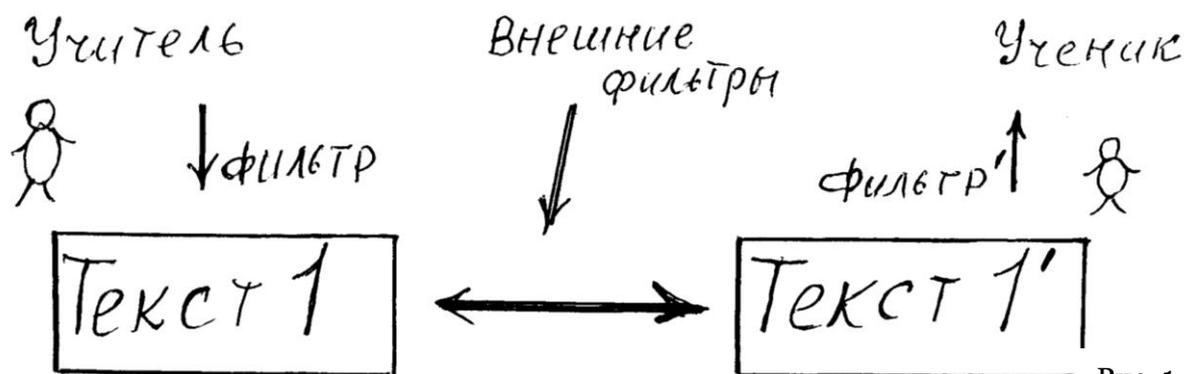


Рис. 1.3

Мораль: интеллектуальный уровень современного познания мира сложен и глубок, отстраняться от этих знаний при построении методики обучения непродуктивно; но и прямо использовать эти поиски вряд ли возможно без их переработки, переосмысления через опыт образовательной деятельности.

4. Схематически-знаковое моделирование процессов понимания, мышления, рефлексии, коммуникации*. Знаковое представление фундаментальных процессов присвоения опыта задаёт рамку для их дальнейшей методической конкретизации. Та-

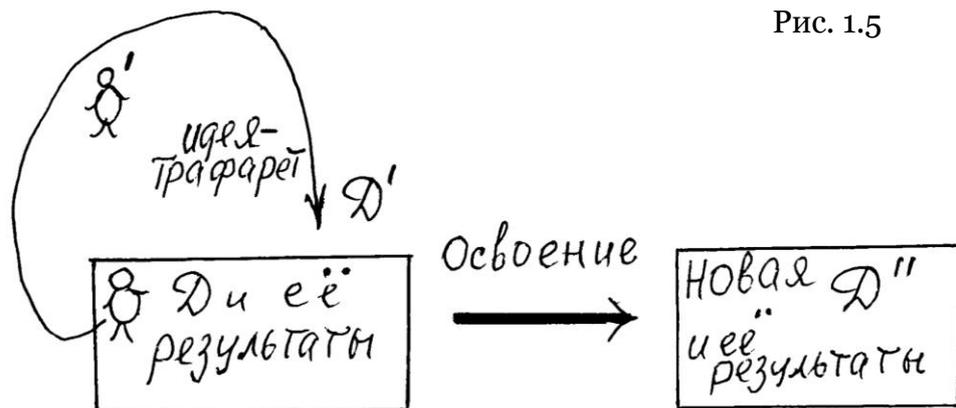
* В. М. Розин приводит смелую мысль В. В. Бибикина: «Нет. Не мы создали помимо действительности другой второй символический мир, а с самого начала всегда уже имели дело с двумя. Описание мира через фразы возможно только потому, что означаемое не есть свой собственный знак! Действительность исходно отмечена лишением. Сама по себе она ничего не значит. Чтобы сделать её значащей, нужны существа, составляющие её рисунки» [144, с. 165].



кое выражение несёт понимание этой тельности, помогает эффективно строить учебный процесс. Хотя это весьма общие модели (может быть, методологические, теоретические), но по функции они все равно методические. Отсюда для нас их значимость. Модели отобраны или построены на основе опыта московского методологического кружка [143–145, 189–196].

- Содержательная абстракция (фундаментальное единичное отношение, выраженное в модели) **коммуникативного отношения** (рис. 1.3). При формировании текста (сообщения, действия и т.п.) учитель автоматически использует внутренние фильтры (мировоззренческие ориентировки и др.). При принятии текста ученик использует свои фильтры (интересы, потребности, цели, мировоззрение).

При передаче текста средство, канал всегда испытывает действие, которое играет роль фильтра;

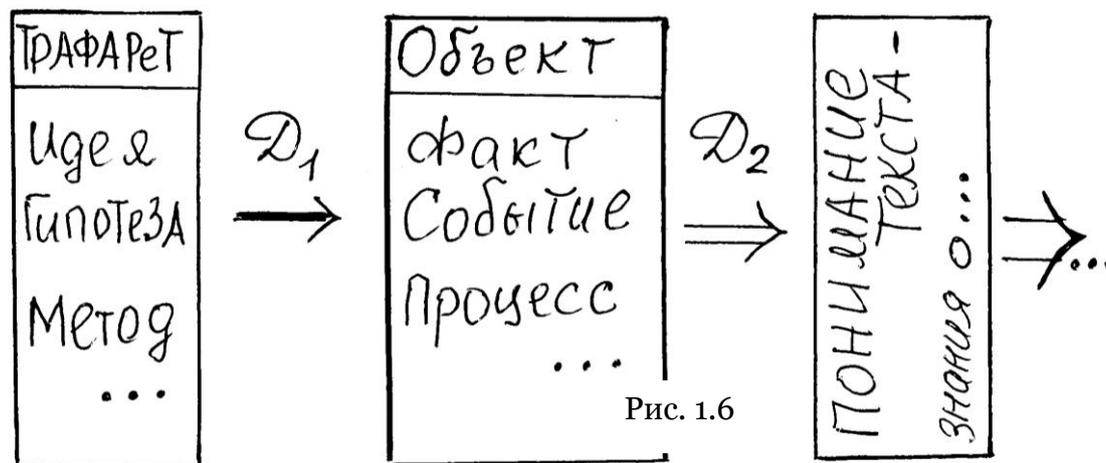


чаще всего это разные искажения.

- Содержательная абстракция (фундаментальное единичное отношение, выраженное в модели) знаковой **мыслительной деятельности** (рис. 1.4). Полнее абстракция развернута в параграфе 3.1. К объектам относят разные проявления реальности – физические объекты и явления, процессы, свойства и др. Переход к знакам – радикальный и сложный познавательный шаг; при этом к знакам относят модели, средства описания, в том числе уравнения законов и др. (Полнее о мыслительной деятельности см. [71].)

- Содержательная абстракция (фундаментальное единичное отношение, выраженное в модели) **рефлексивной деятельности** (рис. 1.5). Это тоже деятельность, но специфическая – деятельность над деятельностью. В зависимости от опорной деятельности рефлексивная деятельность принимает разные цели и содержание, формы фиксации в моделях-знаках: рефлексивное понимание, рефлексивный контроль, рефлексивное мышление и др.

- Содержательная абстракция (фундаментальное единичное отношение, выраженное в модели) **понимания** как деятельности (рис. 1.6). С нашей точки зрения эта содержательная абстракция выделяется всех труднее. На схеме представлен какой-то один взгляд. Можно так его трактовать: субъект носитель какого-то взгляда (цель, идея...) на текст, в роли текста как объекта выступает разный опыт с разным выражением в знаках (письменных, речевых и т. п.), в процессах деятельности над объектом-текстом выявляется смысл текста.



Обозначенные выше фундаментальные процессы, по нашему представлению, относятся к реальности. Отсюда и постановка задачи – находить их модельные выражения, искать их характеристики.

1.2. Познавательные смыслы-функции моделей и моделирования

Итак, реальность (или действительность) – фундаментальная категория науки; она обозначает нечто устойчиво существующее независимо от субъекта.

Фундаментальность проблематики моделей и моделирования в системе научных знаний требует предварительного рассмотрения ряда **общих вопросов познания**: онтологии и гносеологии, роли метода, исторического развития знаний, отношений познания и исследования, эмпирического и теоретического и др.

1. **Как относиться к Миру** (природе, реальности и т. п.)? Методологи очень жестко утверждают: «... Суть проблемы... в том, с каким изначальным шаблоном и с какими целями мы подходим и как мы осмысливаем и трактуем всё то, что получаем в наблюдениях и анализе. При нормативном подходе у нас будут одни шаблоны и

цели, при нормативно-деятельностном – другие, при теоретико-деятельностном – третьи...» (Г. П. Щедровицкий, 2005, с. 410). Для образовательной практики доминирующим образом реальность предстаёт через призму-шаблон деятельности. Деятельность как объяснительный принцип и как предмет-объект «прежде всего фиксирует, обозначает реальность, задавая её в определённых границах и в определённой структуре» (Э. Г. Юдин, 1997, с. 280). И далее принципиально утверждается: «деятельность как объяснительный принцип может описывать всю реальность (рассматриваемую через призму этого понятия). Тогда как любой конкретный предмет всегда есть особая проекция этой реальности» (там же). Важно понять, что универсум деятельности как обозначение реальности, хотя и очень общий и продуктивный взгляд на образовательную реальность, но все же по-своему ограниченный. Значит возможно и не деятельностное (субстанциональное, процессуальное) задание реальности...

2. Почему так важен метод? Из значения метода выросла методология, что позволяет её в целом рассматривать как очень общий метод (деятельности, мышления, рефлексии, понимания...). С нашей точки зрения, высшим рангом метода является парадигма, некая исходная концептуальная схема видения, а отсюда – понимания, проектирования, мышления и др. Исторически парадигмальные системы формулировались парно: субстанциональная и процессуальная (А. В. Соколов, 2015), детерминистская и статистическая, дискретная (квантовая) и непрерывная, функционирования (существования) и развития, относительности и инвариантности...

Следующим рангом метода являются общенаучные методы познавательной деятельности, выраженные в различении теоретического и эмпирического познания и понимании их особенностей (А. В. Ахутин, 1976, 2013), в выделении логики научного познания в форме схемы «факты, проблема – гипотеза, модель – дедуктивный вывод, следствия – эксперимент, практика» (Г. Галилей, Э. Эйнштейн и др.).

Узко предметное выражение метода заключается, чаще всего, в конкретизации. В. В. Налимов писал: «Признание права на описание одного и того же явления через множество не согласующихся моделей, осознание того, что случайность – отнюдь не выражение нашего незнания... После упорного многовекового сопротивления отступила на задний план категория причинности. Теперь под ударом оказываются категории пространства и времени... А если это (пространственно-временные категории – вставка наша, Ю. С.) не онтология Мира, а только язык восприятия, то естественны и попытки изменять – углублять этот язык» (2013, с. 316, 317). То есть непрерывный процесс накопления знаний периодически приводит к пересмотру онтологических основ вообще, но прежде всего, на конкретном предметном поле.

Методология последних десятилетий трудно преодолевает последствия «бэкониянского мифа о том, что всякая наука начинается с наблюдений, а затем постепенно и осторожно переходит к теориям. Фактически дело обстоит вовсе не так...» (К. Поппер, 2004, с. 236). Далее автор убедительно показывает, что наблюдения не являются истинным источником научного знания (не дают прямо научного факта), постольку последние по своей природе всего лишь гипотезы, модели и т.п. (там же, с. 237). В этом контексте значение идей в методике обучения физике трудно переоценить. Именно они позволяют видеть, понимать и преобразовывать факты образовательной реальности методами социальной инженерии. Верификация, т.е. определение истинности или ложности факта, определяет форму научной рациональности: онтологическую, гносеологическую (истинно то, что по правилам), натурфилософскую (проверка опытом), диалектическую (истинно то, что построено в соответствии с методом) и, наконец, аксиологическую (благо), праксиологическую (польза) (С. Переслегин, 2009, с. 446–449). Словом, содержательные трудности как в построении моделей, так и в их эффективном использовании находятся на перекрестках представлений. **А в прикладной науке велико значение договора в рамках стратегической программы.** Только тогда возможно идейное единение и эффективное действие.

3. Кто сейчас и всегда ведущий: теория или факты? О моделях как знании. В науке модели предназначены для того, чтобы с их помощью можно было получать, транслировать и использовать знания (о чём-то). В форме моделей знание активно, тесно связано с методом. О моделях написано многое, но в обучении они используются явно не эффективно, не технологично. Отсюда не формируется (не воспроизводится) стиль мышления работать с моделями.

В настоящее время в науке принципиально осознана роль моделей в познании и преобразовании человеческого мира. Модели 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 такая ситуация сложилась и в обучении. В разных областях знания выполнено большое количество работ (М. Бунге, В. А. Штофф, В. Б. Губин и др.). Но освоение моделей и моделирования происходит неравномерно, в частности слабо развита техника построения и использования моделей вообще в процессах обучения физике, но в частности – методических моделей.

Общие модели физического образования строятся (выбираются, достраиваются) на основе моделей, введенных в педагогике, психологии, дидактике и некоторых других наук 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 дорабатывается. Это обычная познавательная процедура и замены её пока нет. В образовании, в частности в обучении физике, существует довольно болезненная проблема возможно быстрого определения адекватности модели. Обычно препятствующую роль играют ненаучные аргументы (личный интерес, консерватизм).

По-видимому, все модели, которые могут быть использованы для описания образовательных процессов, разумно считать конкретизацией, расшифровкой, представлением, замещением онтологических схем. Это следующий этап познания, и он требует своих процедур деятельности и изображения. На практике порою довольно сложно разделить онтологические схемы как обозначение реальности и общие модели как описание этой реальности. На наш взгляд, нормальным для познания и оправданной (в логическом и историческом планах) является приобретение некоторыми моделями функций онтологических схем. В результате научного анализа специалисты должны это фиксировать и договариваться о процедурах их использования.

В плане рассмотрения вопроса следует со всей определенностью сказать, что в рамках востребованной сейчас деятельностной парадигмы в образовании все модели – это модели деятельности. Отсюда известные и не очень статические образовательные системы в этом формате получают интерпретацию как образования (организованности) деятельности. И это принципиально, и продуктивно для деятельностного подхода, но главное это продуктивно для практики. Как ввести эти модели? – центральная проблема.

Приведем доступные нам и наиболее, с нашей точки зрения, **значимые определения модели.**

- «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...» (Н. И. Кондаков, 1976, с. 361).

- Модель – есть система, исследование которой служит средством для получения информации о другой системе.

- «Модель – вспомогательный объект, выбранный или преобразованный в познавательных целях, дающем новую информацию об основном объекте» (А. М. Новиков, 2002, с. 82).

- «...если свойства, выявленные в каком-то объекте М, могут быть приписаны другому объекту О, то первый объект является моделью второго» (Г. П. Щедровицкий, 1995, с. 632).

• Модель - это некая форма теоретической схемы, абстрактных объектов; «особенность теоретических схем состоит в том, что они являются идеализированной моделью изучаемых в теории взаимодействий» (В. С. Степин, 2000, с. 138, 178).

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). Некое интегрированное представление о моделях дано на схеме (рис. 1.7).

Обратимся к некоторым **общим принципам построения моделей**, причем выделим наиболее технологичные из них.

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

- Для построения (выбора) новых моделей существенное значение имеет используемая научная картина реальности (физическая картина мира фактически схватывает-даёт целостный образ реальности, играет в познании промежуточную роль в форме онтологической схемы).

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

- Отношение модели и чувственного образа объекта (т. е. так задаваемой реальности-объекта). Чувственный образ – субъективное, но и целостное, образование, в котором фиксируется в большей степени внешняя форма, кинематика объекта; он более динамичен, труднее передаваем в трансляции; чувственный образ богаче модели, но суть вещей в нем не вскрыта и не зафиксирована. Но в культуре видение (т. е. чувственное восприятие) объектов происходит и принимает форму модельных описаний, и чувственно-реальность управляемо моделями (П. Фейерабенд, 2010, с. 166 и др.; В. В. Налимов, 2013, с. 22 и др.).

Уже общепринято, что при познании явлений, в том числе и при построении моделей, нет простого созерцания. В. Б. Губин подчёркивает: «... некоторое изменение (в ограниченных пределах) состояния среды может не менять ощущения» (2003, с. 119). Очевид-

но, 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» (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.

В. А. Штофф указывал, 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. С ним и с помощью его можно эффективно работать в интеллектуальном и практическом смыслах.

Определение и использование моделей всегда обязательно связано с понятиями. Г. П. Щедровицкий писал: «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» (2004, с. 333).

Функции моделей. М. Бунге выделяет следующие функции моделей: а) наглядного представления; б) механизма явления; в) языка описания; г) представления объекта в некой знаковой форме (1975, с. 177-179). А. Б. Горстко считает, что модели позволяют понимать объекты (структура, свойства, законы развития, взаимодействия со средой), управлять объектом или процессом, прогнозировать последствия действий на объект (1991, с. 12).

Невозможно определить место моделей без уяснения отношения между этим понятием и другими категориальными понятиями. Опираясь на ранее выполненные исследования [7, 34, 51, 74, 126, 139, 149, 152, 167–171, 176, 187–196, 202–203], 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 рассматри-



ваться как адекватные объекту, процессу и т.п. К логическим приемам построения моделей относят идеализацию, конкретизацию, конструирование, воображение, мысленное экспериментирование, математическое моделирование, распродетизацию, 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 (см. ранее).

- 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 – 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 – только для взаимодействия материальных точек.

Итак, на схеме (рис. 1.7) дано ядро обобщенного представления о моделях. Оно может (и должно!) быть построено.

1.3. Проблема освоения элементов методологии познания в практике обучения физике

Изучение реальности освоения методологической культуры субъектами образования (школьниками, студентами, учителями) продолжается постоянно в той или иной степени более тридцати лет с кандидатской диссертации, первых публикаций [150 и др.]. Но стратегически опорным шагом была публикация статьи «Об оценке сформированности мировоззрения школьников» (Физика в школе. 1990. № 5. с. 31–34). С тех пор эта деятельность расширялась и углублялась. Ниже для обострения и обоснования проблемы приводим некоторые данные фоновых измерений диагностики освоения элементов методологии.

В методике обучения физике традиционно и обоснованно опыт деятельности находит технологическое выражение в знаниях и умениях. При диагностике для идентификации элементов опыта (знаний и умений) в методиках выделяют узкие элементы знаний [53, 98, 115]. На протяжении многих лет инициативно на площадке школ Кировской области проводились экспериментальные исследования знаний и умений, в том числе опыта моделирования. Примерно двадцать лет по итогам учебного года издавался специализированный сборник научных трудов «Исследование процессов обучения физике» (1996–2014) [53], кроме того в сборнике статей «Познание процессов обучения физике» была специальная рубрика «Исследование процесса обучения» (2001–2014), а в сборнике статей конференции – часть «Модели и моделирование в процессе усвоения знаний» [100–105]. Накопленный опыт изучения реальности процессов моделирования разбросан по многим источникам, в том числе дис-

сертификациям, фрагментами в книгах и монографиях. Ниже этот опыт по отдельным фрагментам обобщен.

1. Проблема освоения вопросов методологии познания при выполнении ЕГЭ. В нашем случае эти данные дают точку опоры в оценивании практики освоения моделирования, хотя прямо речи о нём нет.

Методологи, как вид интеллектуальной (познавательной и иной) деятельности, как область знания ставит и решает в обучении следующие принципиальные **задачи**: выяснение природы, механизмов, процедур получения знаний; различение и согласование основных интеллектуальных познавательных деятельностей – мышления, понимания, коммуникации, рефлексии, внешней предметной деятельности; выяснение содержания и процессов метода научного познания; функционирование знаний от возникновения до исчезновения. Все эти задачи в большей или меньшей степени актуальны для всех учебных предметов. Проблема только одна – их точное, содержательное и процессуальное, выражение для эффективной трансляции.

В последние годы в ЕГЭ все больше обращают внимание на диагностику так называемых методологических умений. К ним относят, например, следующие умения: а) «понимать физический смысл моделей, понятий, величин», б) «различать влияние различных факторов на протекание явлений», в) предложить физическую модель явления, г) «анализировать результаты экспериментальных исследований», в том числе «подбирать оборудование при проверке сформулированной гипотезы, анализировать правильность хода опыта по проверке той или иной гипотезы», д) «делать выводы по результатам эксперимента» (Физика. 2009. № 2. с. 19, 23 и др.).

Накопление экспериментального материала для разработки заданий по диагностике методологических знаний и умений продолжается в Кировской области уже много лет. Но проблема остается. Вот почему весьма важно для получения научных фактов использовать возможности такой массовой аттестации школьников как ЕГЭ. Ниже под углом зрения темы систематизированы некоторые данные усвоения элементов знаний по итогам ЕГЭ 2002, 2004-2006, 2007-2010 гг. Наша задача состояла в выделении (прямо или косвенно) проблем освоения вопросов методологического содержания.

2002 г. Около 14,5% выпускников получили неудовлетворительную оценку при явно заниженной границе положительной оценки (Физика. 2002. № 37). Автор анализа отмечает следующие типичные ошибки: слабое понимание существа применяемых фор-

Мысль

Все последние тридцать лет мы недооцениваем значение моделей в теории и практике обучения физике...

мул, слабые ответы на качественные задания, которые требуют понимания сути физических явлений, школьники не задумываются над реальностью получаемого ответа, неудовлетворительное решение задач, где информация представлена в виде графиков, фотографий установок, диаграмм, схем (выполнение 15-25%). Для нас интересны данные об области применения знаний:

- Понимание единства природы при решении задачи – 36%.
- Знание границ применимости принципа относительности – 49%, законов Ньютона – 48%, закона всемирного притяжения – 25%, закона сохранения механической энергии – 28%.
- Знание границ применимости идеального газа – 26%.

2004 г. Принимало участие в ЕГЭ 71 865 выпускников различных школ России. Не набрали минимального балла 14,6% учеников. Просмотрев данные за 2004 год, можно выделить следующие **проблемы:**

1. Трудности с решением задач с использованием диаграмм, графиков.

2. Слабая теоретическая подготовка выпускников. Они могут решать задания, в которых требуется сделать простой расчет по одной формуле. Такие задания помогают разделить учеников на «сильных» и «слабых». Но, когда надо проанализировать какую-то ситуацию такого разделения не происходит: и «сильные» и «слабые» делают они и те же ошибки: *«смело используют закон сохранения импульса в [стандартном] виде в незамкнутых системах и закон сохранения механической энергии в случае неупругого столкновения»* (верных ответов около 20%).

3. Отсутствие отработанного плана анализа физического явления. На задание, указанное ниже, правильно дали ответы лишь 20% выпускников.

При кристаллизации олова выделяется тепло, однако температура олова не меняется. Тепло выделяется за счёт: 1) уменьшения энергии взаимодействия атомов олова; 2) увеличения энергии взаимодействия атомов олова; 3) уменьшения энергии теплового движения атомов олова; 4) увеличения энергии теплового движения атомов олова.

Результаты говорят о том, что в школе при большом решении задач не отрабатываются теоретические представления о рассматриваемом в задаче явлении.

2005 г. В ЕГЭ участвовало 68 916 школьников. Из них 10,5% не смогли набрать минимального количества баллов для сдачи экзамена. Если перевести баллы в оценку, то получаются следующие результаты: «2» – 10,5%, «3» – 40,7%, «4» – 38,2%, «5» – 10,6%.

Анализ показывает, что при переходе от группы с оценкой «2» к группе с отметками «3» и «4» происходит лишь повышение процента выполнения заданий. Этот рост связан с тем, что у выпускни-

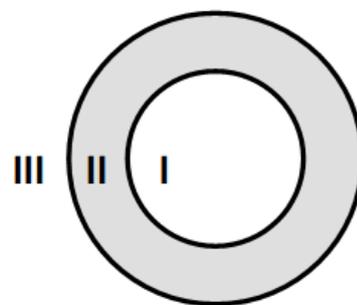
ков возникает разница в знаниях школьного курса физики. Только ученики, получившие оценку «5», могут применять физические знания к повседневным и бытовым проблемам, могут применять знания в новой ситуации.

2006 г. Не справилось с выполнением ЕГЭ 16% из 90 389 выпускников.

Например, в механике затруднение вызвала следующая задача: Парашютист спускается по вертикали с постоянной скоростью 2 м/с. Систему отсчета, связанную с Землей, считают инерциальной. В этом случае... 1) на него не действуют никакие силы; 2) сила тяжести, действующая на парашютиста, равна нулю; 3) сумма сил, приложенных к парашютисту, равна нулю; 4) сумма всех сил, действующих на парашютиста, постоянна и не равна нулю.

Лишь 49%, из всего числа сдающих ЕГЭ, ответило правильно, что вновь говорит о трудностях качественного анализа простого явления.

В электродинамике, как указывают авторы анализа, проблемной оказалась тема «Проводники в электростатическом поле». Так, со следующей задачей справилось 27%: На рисунке изображено сечение уединенного заряженного проводящего полого шара. I – область полости, II – область проводника, III – область вне проводника. Напряженность электрического поля, созданного этим шаром, равна нулю... 1) только в области I; 2) только в области II; 3) в областях I и II; 4) в областях II и III.



Школьники плохо ориентируются в том, какие частицы являются носителями заряда при протекании тока в различных средах (особенно в тех вопросах, где рассматривается примесная проводимость полупроводников). Авторы отчета фиксируют: «сложными оказались ... задания на определение направления силы Лоренца, на понимание основных свойств электромагнитных волн и условий их излучения; узнавание оптических явлений (интерференция, дифракция) и условия их наблюдения; электромагнитную индукцию».

Среди вопросов квантовой физики наиболее сложными оказались задания на определение энергетического выхода ядерной реакции (26% выполнения) и определение постоянной Планка по результатам опыта по фотоэффекту (30%).

2007 г. Не справилось с ЕГЭ около 12,3% школьников, а сдавало экзамен 70 052 выпускника.

При выборе показателя преломления стекла около 37%

Мысль

«Таким образом, абстрактные физические модели могут быть образными и знаковыми. В свою очередь знаковая модель выражается словесно, аналитически, графически или таблично»

В. Г. Разумовский, 1975. с. 20

школьников дали ответ 0,62. Авторы отчета делают вывод: «Следовательно, учащиеся применяют знакомую формулу, не задумываясь о соответствии полученного результата действительности. То же самое можно сказать и о задачах на определение скорости света, в которых значительное число школьников выбирало значения, большие скорости света в вакууме» (Физика. 2008. № 3. с. 18).

Задание А30, как отмечают авторы, посвящено проверке методологических умений. К таким умениям относят построение графиков по экспериментальным точкам, формулировку выводов по данным экспериментов. В целом с ними справляются около 50% школьников.

2008 г. Не справилось с ЕГЭ 9,7% школьников, а сдавало экзамен 59 796 (7,9%) выпускников. Авторы отчета пишут: «Проблемными среди заданий повышенного уровня по механике оказались задания по фотографии измерительной установки, в которых необходимо было по секундомеру определить время, а далее оценить путь как разность координат и определить либо ускорение, либо зависимость $v(t)$. Средний процент выполнения оказался 34» (Физика. 2009. № 2. с. 21).

«Крайне низкий результат (около 40%) получен в задачах на расчет общего сопротивления даже в самых простых схемах. Здесь ощущается явный недостаток самостоятельности при анализе ситуации. Как только схема теряет привычные по школьному задачнику очертания, учащиеся испытывают затруднения даже при качественном анализе» (там же, с. 21).

«По теме «Элементы СТО» одной линией заданий базового уровня проверялось усвоение постулатов СТО. К сожалению, по всем сериям вариантов результаты выполнения оказались крайне низкими: 36-49%. Даже самые простые задания, проверяющие принцип равноправности ИСО, выполняют не более половины тестируемых» (там же, с. 22). Только 47% школьников правильно используют постулат постоянства скорости света. В целом, авторы отчета пишут: «К сожалению, результаты ЕГЭ этого года и прошлых лет показывают, что и фундаментальные принципы, и законы, и эмпирические закономерности, и частные следствия в среднем усваиваются одинаково» (там же, с. 22). И далее: «К сожалению, по-прежнему прослеживается дефицит самостоятельности мышления: если в условии задачи есть малейшие отступления от привычных формулировок, результаты резко снижаются» (там же, с. 24).

2009 г. По баллам не справилось с ЕГЭ около 6,2% школьников, а сдавало экзамен 20,4% выпускников.

Авторы отчета констатируют: «Участники продемонстрировали усвоение на базовом уровне основных понятий¹, формул и законов только по четырем из семнадцати тем школьного курса физики... По этим же критериям (65% по заданиям с выбором ответа и

50% для заданий с кратким и развернутым ответом – вставка наша) на повышенном уровне не усвоена ним одна тема» (Физика. 2010. № 6. с. 41). «Наибольшую тревогу вызывают низкие результаты для заданий, проверяющих характер протекания различных явлений или их применение (проявление) в природе» (там же, с. 43). Так, для колебаний пружинного маятника число верных ответов 36-38%; для понимания явления преломления света число верных ответов – 35%.

«Например, за ответы на качественные вопросы по электродинамике 2 и 3 балла получили всего 18% от общего числа сдававших экзамен!» (Физика. 2010. № 7. с. 32). «Анализ ответов показывает, что учащиеся с трудом формулируют логически связные объяснения». «Однако даже простейшую задачу, в которой необходимо применить формулу для потенциальной энергии упруго деформированной пружины правильно решили всего 25% тестируемых» (там же, с. 33). «Менее трети выпускников сумели правильно применить уравнение теплового баланса для случая, когда в воду добавляют лед, имеющий отрицательную температуру по шкале Цельсия» и др.

«В 2009 г. 46,8% участников ЕГЭ по физике не выполнили ни одного задания с развернутым ответом... Таким образом, почти половина выпускников, выбравших экзамен по физике и претендующих на поступление в вузы на соответствующие специальности, показали отсутствие основополагающего для дальнейшего обучения в вузе умения решать задачи по физике» (там же, с. 33).

Результаты выполнения заданий на сформированность методологических умений (термин авторов отчета): а) выбор физических величин для проведения косвенных измерений – 64%; б) выбор установки для проведения опыта по заданной гипотезе – 65%; в) анализ экспериментальных данных – 50-54%; г) формулирование вывода на основе результатов эксперимента – 45%. (там же, с. 31). На наш взгляд, эти несколько неожиданные данные объясняются актуальностью и доступностью этих умений, хотя в целом (все же ЕГЭ сдавала пятая часть выпускников) удовлетворить не могут.

2010 г. По баллам не справилось с ЕГЭ около 6,4% школьников, а сдавало экзамен 23% выпускников.

Около 60% школьников правильно объясняют изменение скорости закипания жидкости при изменении условий теплопередачи, называют равенство температур основным признаком теплового равновесия (Физика. 2010. № 19. с. 15). По электродинамике при объяснении протекания явления «выполняют, как правило, менее половины экзаменуемых» (там же, с. 16), в среднем 60% школьников понимают постоянство скорости света, сформированность разных методологических умений на материале эксперимента показали 42-73% школьников (Физика. 2010. № 20. с. 31).

Решение качественных задач, в котором требовалось построить цепочку рассуждений со ссылкой на физические явления и законы, выполняется на низком уровне. Авторы отчета связывают такую ситуацию с отсутствием в школьной практике опытов с анализом протекающих явлений (Физика. 2010. № 20. с. 33). В целом качественные задачи оказываются сложными для школьников.

В целом авторы отчета утверждают: «Более половины участников экзамена владеют лишь основными содержательными элементами знаний и простейшими умениями, которые соответствуют требованиям стандарта по физике базового уровня (с объемом учебной нагрузки 2 часа в неделю за два года обучения)» (Физика. 2010. № 21. с. 39). В итоге только четверть школьников владеет умениями решать задачи, и значительная часть экзаменуемых (как минимум более 20%) не готова продолжать учение в вузе. Авторы отчета рекомендуют а) объяснение материала на основе эксперимента, б) выполнение лабораторных работ, в) обобщенное отношение к решению задач: анализировать явления и процессы, строить физическую модель, подходящую для данного случая (там же, с. 40).

Общие выводы: По данным ЕГЭ в реальной практике обучения физике наблюдается ориентир на освоение технических (формальных, репродуктивных) знаний физики, формирование умений оказывается проблемой. Качественное понимание физических явлений, владение логикой метода научного познания в целом характерно только для школьников с отличным уровнем подготовки (около 10% участников ЕГЭ). Методологические знания и умения востребованы в системах диагностики ЕГЭ разных лет. Но пока это только отдельные по содержанию попытки. Нужен полноценный «банк» заданий, нужна отдельная часть ЕГЭ по этой стороне подготовки школьников. Важно осознать, что ЕГЭ по физике сдаёт малая часть выпускников, из них в среднем около 10% не справились с требованиями. А по вопросам, близким по содержанию к элементам методологии познания, успехи ниже 50%. Отсюда экстраполяция на весь массив школьников даёт удручающе низкие результаты.

2. Освоение элементов методологической культуры учителями физики. Почти очевидно, что болезни в обучении транслируются от учителей (и методистов, и менеджеров...); к тому же разрушена миссия институтов усовершенствования учителей. Приводимые ниже данные дают возможность судить о фоновом уровне условий формирования методологической культуры в реальности.

Наше видение проблемы. Сейчас в трудовой деятельности людей и в целом жизнедеятельности происходят быстрые динамические изменения. Но в обучении нужна стабильность, хотя бы для отработки решений, без чего нет образовательного эффекта. Системы знаний в обучении физике стали весьма сложными по физическому

содержанию и структуре, сложно иерархизированными при включении знаний из психологии, педагогики, науковедения и др. И в них надо ориентироваться. Вот почему, с нашей точки зрения, некую содержательную и эффективную стабильность для методики физики может дать современная методология деятельности при её корректном использовании. В целом реформирование не может быть постоянным, а вот совершенствование методов и методик обучения физике – может.

Но на практике при подготовке и переподготовке учителей физики в этом направлении дело обстоит откровенно плохо.

Первая причина – несовершенство самих систем учебных физических знаний. Фактически используются слегка модернизированные старые системы учебных знаний сорокалетней (и более!) давности. Нет структурирования знаний ни по логике теории «основание, ядро, следствия» (В. В. Мултановский), ни по логике научного метода познания «факты – гипотеза, модель – следствия – эксперимент» (В. Г. Разумовский), ни по логике различения реальности и описаний (Ю. А. Сауров), ни по другим ориентировкам учебной деятельности. Классическое понимание содержания учебной физики не равно современному пониманию «опыта рода», в котором зафиксированы и процессуальные (деятельностные) аспекты обучения физике. Практикой плохо осознано (естественно, и не реализовано!) представление о научном методе познания как о ядре содержания образования.

Вторая причина – несовершенство деятельности преподавания. Из-за отсутствия нужных условий (вымывание из школы мужчин-учителей, деградация материальной базы кабинетов физики и др.) в первую очередь страдает организация двух ведущих учебных деятельностей – экспериментирования и моделирования. Вместо методологических ориентировок доминируют репродуктивные (нередко просто бытовые) ориентировки деятельности. Отсюда весь комплекс проблем развития субъекта образования: ориентир на запоминания и низкая мотивация учения, доминирование руководства, а не управления, мировоззренческие деформации и др.

В наше время получается такая реальность: работа с физическими объектами и явлениями отодвинута на второй план, а работа со знаками (моделями!) методологически и педагогически корректно просто не организована. Но, если этого не освоить, то ничего не будет, т. е. не будет современного, интересного, творческого учебного процесса.

Третья причина – недопонимание важности и приоритета творческой учебной деятельности в обучении физике. Баланс между пятью фундаментальными психологически деятельностями (коммуникация, мышление, рефлексия, понима-

ние, предметная деятельность) ведущей все более становится коммуникативная деятельность, что подчеркивает фундаментальное значение «субъект – субъектных» отношений в освоении знаний. Отсюда существенные потери в современном мире роли учебника и литературы вообще. Отсюда ориентир на запоминание не работает, просто из-за отсутствия потребности. И понимание обеспечивается косвенно (вторым параллельным ходом), например, через организацию мыслительной деятельности с моделями физических объектов или явлений. Всё это, вместе взятое, требует радикальных изменений в подготовке учителя.

Реальные трудности методологической подготовки. Примерно пятнадцать лет почти постоянно мы исследуем разными инструментами методологическую подготовку учителей физики. В целом по экспериментальным данным получается довольно сложная разноплановая картина. Приведем данные ряда интересных (и принципиальных) вопросов и ответов (выборка в каждом случае около сотни респондентов).

- Знают ли ваши ученики этапы процесса познания физических явлений? А. Знают и могут использовать это знание на практике – 5%. Б. Знают, что это мы рассматриваем на уроках, но не уверены, что они смогут их использовать – 50%. В. Твердых и точных знаний нет – 30%. Г. Точных требований к этим знаниям нет – 15%.

- Используете ли вы схему научного метода познания в преподавании физики? А. Да – 30%. Б. Нет – 17%. В. Нет конкретных методик – 48%. Г. Свой вариант ответа – 5%.

- При изучении движения ИСЗ около Земли спутник обычно моделируют материальной точкой. Можно ли измерить массу этой материальной точки? А. Да, можно как обычно взвесить на весах – 2,5%. Б. Зависит от условий задачи – 20,5%. В. Нет, массу можно только приписать материальной точке – 38,5%. Г. Массу спутника рассчитывают на основе закона всемирного тяготения – 36%. Д. Нет ответа – 2,5%.

Вопросы методической анкеты для учителей

	Какие затруднения Вы испытываете при подготовке к уроку?	%
1	По методологии научного познания в обучении	92
2	В понимании теоретического материала учебника	8
3	В подборе физического эксперимента	50
4	В технике физического эксперимента	75
5	В методике решения задач	40
6	В методике использования эксперимента	50
7	В подборе средств развития интереса школьников	92
8	В определении структуры урока	25
9	В планировании уроков	8
10	В подборе прикладного материала	67
11	В планировании работы школьников на уроке	42

	Какие методические трудности Вы встречаете при изучении научного метода познания?	
1	Нет знаний о методе познания в учебнике	58
2	Нет опыта использования	75
3	Нет методических материалов об использовании метода на уроке	67
4	Метод научного познания не нужен при сдаче экзамена по ЕГЭ	42
5	Нет подготовки изучения метода научного познания на курсах	42
6	Нет возможностей для изучения метода научного познания	42
7	Иное мнение	–
	Какие приемы экспериментирования Вы используете в учебном процессе?	
1	На каждом уроке показываю опыт	25
2	Постоянно провожу коллективные экспериментальные исследования в демонстрационном варианте	17
3	Только в рамках лабораторных работ	75
4	Только на занятиях кружка	17
5	Разрабатываю свои опыты	8
6	Опыты провожу редко, нет условий	75
7	Опыты использую редко, они не нужны для подготовки по ЕГЭ	33
8	Через урок провожу фронтальные эксперименты	50
9	Раз в неделю задаю на дом простые экспериментальные задачи	50

Вопросы теста по ФКМ для учителей	2005 %	2000 %
1. Об определении и содержании физической картины мира		
<i>1. Что такое физическая картина мира (ФКМ)?</i>		
А. Отражение объективной реальности	8	31
Б. Картина восприятия мира человеком	3	14
В. Физическая модель природы	64	43
Г. Совокупность знаний физики и философии	19	9
Д. Процесс зарождения, становления, развития природы	6	3
Е. Нет верного ответа	-	-
<i>2. Что такое энергия?</i>		
А. Характеристика движения и взаимодействия частиц	70	47
Б. Движение и взаимодействие частиц	6	9
В. Причина изменения движения	9	-
Г. Нет верного ответа	15	36
<i>3. Входят ли в современную картину мира представления классической механики?</i>		
А. Нет, не входят	5	6
Б. Нет, не входят, они устарели	-	-
В. Современная картина мира является квантово-статистической	40	34
Г. Механика не входит в ФКМ	2	6
Д. Нет верного ответа	53	54
<i>4. Какие физические теории входят в содержание современной ФКМ?</i>		
А. Механика, динамика, СТО	4	3
Б. Механика жидкостей, квантовая физика, электродинамика, термодинамика	-	6
В. Механика, СТО, молекулярная физика	1	-

Г. Квантовая физика, молекулярная физика, статистическая физика	25	17
Д. Квантовая физика, молекулярная физика, электродинамика, механика	70	74
5. Каковы границы применимости ФКМ?		
А. Нет границ применимости	10	16
Б. Границы не определены	17	33
В. Границ по определению быть не может	15	27
Г. Границы применимости есть и они известны	48	16
Д. Нет верного ответа	10	8
6. Какие из перечисленных идей используются в современной ФКМ?		
А. Причинности, относительности, существование сил природы, познаваемости	-	8
Б. Причинности, взаимодействия, непрерывности движения, познаваемости	5	14
В. Взаимодействия и движения материи, развития мира	8	-
Г. Причинности, относительности, взаимодействия, объективного существования материи, познаваемости	55	39
Д. В состав ФКМ входят представления механики, квантовой физики, электродинамики, статистической физики	32	39
7. Какие из перечисленных физических законов входят в состав современной ФКМ?		
А. Закон Кулона, закон Паскаля, закон Ома	0	0
Б. Закон сохранения энергии, законы динамики	12	23
В. Газовые законы, уравнение Эйнштейна	9	5
Г. Закон Кулона, закон Ома, все другие законы	47	46
Д. Нет верного ответа	32	26
II. О методике использования знаний о ФКМ		
8. Имеете ли Вы опыт проведения вводных историко-методологических уроков, чтобы познакомить учащихся с некоторыми исходными принципами теории?		
А. Да, для всех разделов курса	14	3
Б. Только на факультативных занятиях	12	8
В. Нет, из-за недостатка времени такие уроки не проводятся	31	13
Г. Нет	6	19
Д. Практически нет	37	57
9. Проводите ли Вы обобщающие уроки для формирования представлений о механической картине мира после изучения механики и об электромагнитной – после изучения электродинамики?		
А. Да, всегда	9	5
Б. Иногда, если позволяет время	67	50
В. Только на факультативных занятиях		
Г. Нет, так как не ясно как это делать	20	28
Д. Затрудняюсь ответить	4	17
10. Проводите ли Вы в конце 11 класса обобщающие уроки для формирования представлений о современной ФКМ?		
А. Да, но практически они мало что дают	42	24
Б. Иногда, если позволяет время	33	24
В. Только на факультативных занятиях	2	4
Г. Нет	17	38
Д. Затрудняюсь ответить	6	10

<i>11. Затрудняетесь ли Вы в подготовке и проведении обобщающих уроков?</i>		
А. Да, в этом нет полной ясности	32	28
Б. Да, никогда не видели таких уроков	9	5
В. Да, нет нужных разработок	34	39
Г. Нет, есть уже опыт	21	25
Д. Нет, они проходят хорошо	4	3
<i>12. Какая форма проведения этих уроков Вам кажется приемлемой?</i>		
А. Лекция	15	15
Б. Проблемное изложение	17	10
В. Конференция	23	13
Г. Проблемная беседа	28	44
Д. Затрудняюсь ответить	17	18
<i>13. Какую последовательность в изучении физических явлений Вы используете на практике?</i>		
А. Определение физического явления, его объяснения	15	14
Б. Факты, их описание	6	14
В. Чаще всего использую схемы познания явлений из учебника	25	36
Г. Факты, модель, следствия	45	33
Д. Основание, ядро, следствие	9	3
<i>14. Следует ли специально знакомить школьников со структурой фундаментальной физической теории (механики, электродинамики и др.)?</i>		
А. Нет, не следует	4	8
Б. Нет, они с ней знакомы	-	-
В. Нет, на это нет времени	6	5
Г. Следует	70	41
Д. Затрудняюсь ответить	20	46
<i>15. Есть ли у Вас потребность проводить обобщающие уроки по ФКМ в каждом классе?</i>		
А. На это нет времени	10	19
Б. Такие уроки не предусмотрены программой	12	3
В. Да, есть	15	8
Г. По идее такие уроки проводить надо	52	54
Д. Разработок таких уроков нет	11	16
III. О знаниях школьников о ФКМ		
<i>16. Знают ли школьники определение и основное содержание ФКМ?</i>		
А. Знают определение, но не знают содержание современной ФКМ	4	-
Б. Не уверен, что знают	31	50
В. Что-то знают	31	17
Г. Твердых и точных знаний нет	21	17
Д. Точных требований к знаниям о ФКМ нет	13	16
<i>17. Есть ли интерес школьников к различным мировоззренческим вопросам?</i>		
А. Есть постоянный интерес	20	13
Б. Нет интереса	15	11
В. Трудно определить, есть ли интерес	28	22
Г. Специально вопросы мировоззрения не выделяются	27	27
Д. Затрудняюсь ответить	10	27
<i>18. Знают ли Ваши школьники, в чем отличие материальной точки от тела?</i>		
А. Нет, не знают	0	0
Б. Нет, так вопрос в учебнике не ставится	0	2

В. Это одинаковые понятия	2	-
Г. Знают, мы это рассматриваем на уроках	88	81
Д. Знают из учебника	10	17
<i>19. Знают ли Ваши школьники, какой из принципов – близкодействия или далекодействия – точнее объясняет природу взаимодействия объектов?</i>		
А. Знают, вопрос повторяется на обобщающих лекциях	10	6
Б. Знают из содержания учебника	20	11
В. Знают из содержания факультативного курса	6	3
Г. Знают из обсуждения на уроках	48	46
Д. Нет верного ответа	16	34
<i>20. Понимают ли школьники необходимость создания специальной теории относительности?</i>		
А. Третья часть школьников понимает	2	3
Б. Все школьники понимают	0	0
В. Половина учащихся разбирается в этом вопросе	2	3
Г. Осознанно понимают этот вопрос только некоторые учащиеся	72	61
Д. Затрудняюсь ответить	24	33

Интерпретация. Приведенные данные рисуют многочисленные методологические трудности учителей физики, что, несомненно, тормозит их развитие и существенно снижает эффективность деятельности преподавания. Пока такая прикладная наука как методика физики недооценивает значение формирования методологической культуры. Сейчас практически необходимо: а) дать образцы вопросов и ответов методологического характера; б) накапливать и отрабатывать методические решения; в) вести постоянное внедрение новых методик и мониторинг их результатов.

Исследование подготовки учителей по формированию методологических знаний. Учителя физики Кировской области на курсах переподготовки (2013) в группах по два человека выполняли простые школьные экспериментальные исследования (из учебника под ред. В. Г. Разумовского и В. А. Орлова), писали и сдавали отчет. Всего проверено и проанализировано 164 отчета (см. [53], 2013, с. 46 и др.).

При проверке отчетов выделялись и анализировались следующие элементы: а) объект исследования, б) физическое явление, в) модели объекта, г) модели явления, д) корректные действия с приближенными числами (сложение и др., определение погрешности). Выделение первых четырех элементов в отчете специально требовалось инструкцией (пример см. в главе 3). Для управления познавательной (и методической) деятельностью каждой группы учителей давалась ксерокопия инструкции из учебника и наш вариант инструкции (см. предыдущий сборник). Дополнительные условия: внимание учителей обращалось на усвоение выделенных элементов знаний, предполагался общий отчет о работе вдвоем. И всё равно в 106 отчетах первые четыре элемента знаний отсутствуют. В целом оформление отчетов довольно формальное, небрежное, с большим числом огрехов.

Выполнялись следующие экспериментальные исследования: измерение фокусного расстояния и оптической силы рассеивающей линзы, измерение длины световой волны, экспериментальная проверка закона сохранения меха-

нической энергии, экспериментальная проверка закона равновесия твердого тела, исследование нецентрального упругого взаимодействия двух одинаковых монет, измерение ускорения тела, движущегося по наклонной плоскости, определение показателя преломления воды (стекла), измерение поверхностного натяжения воды, исследование явления деформации резинки и измерение модуля Юнга, сравнение импульса силы с изменением импульса тела, проверка закона Гей-Люссака.

Факты и их интерпретация. В нашем случае нас интересовали некие методологические знания (и умения) учителей, которые прямо влияют на понимание выполняемого исследования, на управление научным познанием школьников. В таблице приведены результаты выделения в отчётах названных знаний.

Название элемента знаний (умений)	Процент верных ответов
1. Выделение объекта исследования	32
2. Определение физического явления	26
3. Определение модели объекта	21
4. Определение модели физического явления	16
5. Корректные действия с приближенными числами	21

Общий вывод: учителям трудно дается освоение данных элементов знаний, эти элементы методологической культуры устойчиво не сформированы, соответствующие метакомпетенции проявляются не устойчиво; в большом числе отчетов учителя вообще не обращают внимания на смысловую (физическую) сторону работы, а данные измерений и выводы выполняют формально и с ошибками. Понимание затруднений учителей видно при анализе конкретных ответов. Приведём типичные *примеры*:

- Названия объектов: объект исследования – рычаг (а ведь это уже модель! Заметим, что название работы «...проверка закона равновесия твердого тела», т. е. объект исследования – тело); дифракционная решетка (но мы её в работе не изучаем! Интересно: а какая тогда модель решетки?).

- Название физического явления: преломление светового луча (язык модельного описания, а это неверно); физическое явление – условие равновесия рычага (явление – не условие, и в природе нет рычагов!); изменение механической энергии (это не явление, а описание!).

- Название модели объекта: световой луч модель светового луча; объект – капля воды (и это верно), но модель – строение жидкости (явно не правильно!); объект – резиновый образец и модель – резиновый образец (!?); модель объекта – электромагнитная волна (волна – физический объект, а не модель!).

- Название модели физического явления: линза (интересно, какое явление моделирует линза!); модель явления – прямолинейное равноускоренное движение (во-первых, это название явления, и это принято, а не модель, во-вторых, всегда движение «чего?», а не вообще); модель явления – преломление света в прозрачных средах (это не модель, а просто явление!); изменение объема воздуха при изменении температуры воды при постоянном давлении (нет такого явления, точнее, в обучении так задавать его нельзя, хотя в физике явления могут задаваться через их модели!)...

Экспериментальные данные исследований знаний и умений школьников существенно многочисленнее (см. подробнее [53]). Для нашей цели выделим и приведём усвоение **следующих групп элементов знаний**: различение объектов природы и объектов науки, виды и функции моделей физических объектов и явлений, различение статуса различных знаний (факт, гипотеза, модель, следствие, закон, теория), границы применимости моделей (и моделирования).

В качестве примера возьмём исследование 2010–2011 годов (вместе с О. Л. Лежепёковой). Тест на два варианта был проведен в ряде школ Омутнинского и Кирово-Чепецкого районов Кировской области и Вятского технического лицея (Киров). Отметим, что тестовые задания были предназначены для поискового исследования, отсюда формулировки некоторых из них специфичны. Цель заключалась в определении проблемы освоения данных знаний.

Вариант 1

	Тест Методы научного познания, 10 класс Выборка: 2010 – 192 уч-ся; 2011 – 205 уч-ся	%, 2011	%, 2010
1	<i>В физике утверждение считается истинным, если оно:</i>		
А	Широко известно	18	30
Б	Опубликовано в журналах и книгах	12	2
В	Высказано авторитетными учеными	14	5
Г	Многokrатно проверено экспериментально разными учеными	57	63
2	<i>Истинность теории базируется на... а) фактах и идеях, лежащих в ее основе; б) экспериментальном подтверждении выводов из нее. Выберите верный ответ.</i>	0	
А	Только а)	14	6
Б	Только б)	30	48
В	Одновременно на а) и б)	55	39
Г	Истинность теории базируется на точной математике	1	7
3	<i>Из двух утверждений выберите правильное: Принцип соответствия выражается в согласовании выводов... а) теории теплорода и молекулярно-кинетической теории теплопередачи, б) классической механики и электродинамики.</i>		
А	Только а)	16	34
Б	Только б)	49	34
В	Одновременно оба утверждения	16	14
Г	Нет верного ответа	20	18
4	<i>Выберите из приведенного списка утверждения, которые являются элементами физической картины мира.</i>		
А	Законы открываются только экспериментально	14	17
Б	На основе физических законов можно предсказать новые явления.	49	40
В	Законы, установленные в земных лабораториях, верны только на Земле	15	9
Г	Существуют физические, химические, биологические явления	23	34
5	<i>Правильным ли является утверждение: скорость дви-</i>		

	<i>жения материальной точки изменяется в результате действия на неё Земли?</i>		
А	Да, ускорение материальной точки появляется под действием силы	39	33
Б	Нет, на материальную точку Земля не действует	42	27
В	Скорость материальной точки под действием тела не меняется	9	17
Г	Нет верного ответа	10	23
6	<i>Чем является данное высказывание: «Существуют такие системы отсчета, в которых свободные тела движутся равномерно и прямолинейно или покоятся?»</i>		
А	Определением физической величины	14	16
Б	Формулировкой закона	61	34
В	Описанием физического явления.	16	31
Г	Определением физического объекта	9	19
7	<i>В учебнике физики написано: «импульс силы – векторная физическая величина». Это утверждение является...</i>		
А	фактом	33	31
Б	названием явления	1	11
В	определением	63	45
Г	гипотезой	2	13
8	<i>В учебнике физики написано: «...при малых деформациях механическое напряжение прямо пропорционально относительному удлинению». Это утверждение является...</i>		
А	опытным фактом	29	30
Б	физическим законом	59	36
В	названием явления	6	28
Г	определением напряжения	6	6
9	<i>Колебания математического маятника можно считать гармоническими...</i>		
А	при больших углах отклонения маятника от положения равновесия и при малой силе сопротивления его движению	22	24
Б	при малых углах отклонения маятника от положения равновесия и при малой силе сопротивления его движению	61	43
В	при малых углах отклонения маятника от положения равновесия и при большой силе сопротивления его движению	9	11
Г	при больших углах отклонения маятника от положения равновесия и при большой силе сопротивления его движению	8	22
10	<i>Исследовали стальной стержень на сжатие-растяжение. При этом обнаружили отклонение от закона Гука, в частности состоящее в следующем: стержень сжимали на некоторую величину Δl, а потом растягивали на эту же величину Δl. Измеряли силы, необходимые для таких деформаций: F_1 – в первом случае и F_2 – во втором. После обработки результатов экспери-</i>		

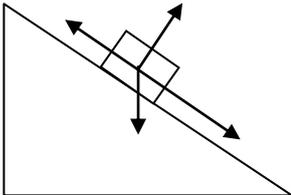
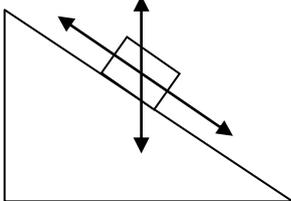
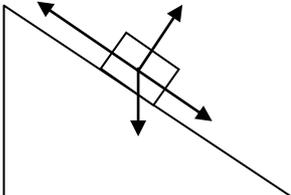
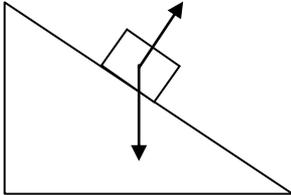
	<i>мента было обнаружено, что $F_1 < F_2$. Для объяснения этого экспериментального факта выдвинули несколько гипотез. Выберите из них наиболее рациональную.</i>		
А	Сталь является поликристаллом	7	23
Б	Сила взаимного отталкивания молекул больше силы их взаимного притяжения	32	32
В	В состав стали входит углерод, и он изменяет свойства железа.	15	17
Г	Различие данных измерений в пределах погрешности	46	28
11	<i>Одним из основных положений МКТ является утверждение, что все частицы находятся в беспорядочном хаотичном движении. Какой физический опыт или наблюдение это подтверждает?</i>		
А	Опыт Штерна	2	17
Б	Распространение с течением времени запахов в замкнутом пространстве	25	26
В	Броуновское движение	68	45
Г	Расширение тел при нагревании	4	13
12	<i>При попадании капельки воды на раскаленную сковородку капелька начинает подпрыгивать. Чем можно объяснить это явление?</i>		
А	Капелька воды не смачивает сковороду	5	16
Б	Капелька испытывает абсолютно упругий удар со сковородой	6	17
В	При падении капельки на сковороду ее импульс меняет свое направление на противоположное	11	18
Г	Часть капельки испаряется, и капелька подпрыгивает под действием пара.	79	50
13	<i>Резиновый шарик на берегу озера во время летнего отдыха надули воздухом и опустили в озеро на глубину 5 м. Через некоторое время обнаружилось, что объем шарика уменьшился в 2 раза. Какие из четырех приведенных гипотез рационально выбрать для объяснения такого уменьшения объема шарика? 1. Воздух в шарике сжался за счет изменения температуры. 2. Давление снаружи на стенки шарика возросло. 3. Резина оболочки шарика изменила упругие свойства за счет снижения температуры. 4. Оболочка потеряла герметичность.</i>		
А	Только 1) и 2)	70	53
Б	Только 2) и 3)	16	22
В	Только 3) и 4)	6	12
Г	Только 1) и 4).	7	13
14	<i>Какая из приведенных ниже гипотез объясняет взаимодействие электрических зарядов на расстоянии?</i>		
А	Один заряд всегда действует на другой	13	11
Б	Заряды на расстоянии притягиваются	1	18
В	Заряды на расстоянии притягиваются или отталкиваются	21	24
Г	Электрическое поле первого заряда действует на второй и наоборот	64	46
15	<i>Какое из высказываний рационально использовать в ка-</i>		

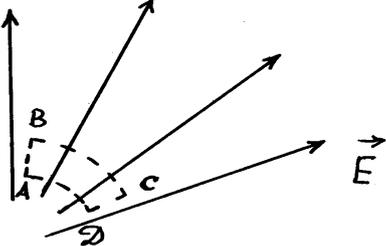
	<i>честве научной гипотезы при проведении опыта «измерение ЭДС источника тока»?</i>		
А	Вольтметр является измерительным прибором	28	24
Б	В опыте используются разные источники тока	19	20
В	Надо использовать вольтметр с большим внутренним сопротивлением	40	42
Г	При измерениях нужно использовать амперметр	13	14
16	<i>При экспериментальном исследовании вольтамперной характеристики никелевой спирали наблюдалось отклонение от закона Ома в области больших токов. В связи с этим было выдвинуто две гипотезы: а) механические свойства никелевой спирали в опыте изменяются; б) сопротивление никеля растет с температурой из-за нагревания спирали большим током. Какая из гипотез объясняет данное явление?</i>		
А	Гипотеза – а	10	10
Б	Гипотеза – б	62	43
В	Могут быть использованы обе гипотезы	18	38
Г	Обе гипотезы не подходят	10	9

Вариант 2

	Тест «Модели и моделирование в физике», 10 класс Выборка: 2010 – 181 уч-ся; 2011 – 195 уч-ся	%, 2011	%, 2010
	I. Задания на понимание процесса познания физических явлений		
1	<i>Из перечисленных ответов выберите тот, в котором перечислены модели физических объектов.</i>		
А	Заряд, конденсатор, электрическая цепь	16	28
Б	Напряженность, энергия, электризация	7	8
В	Взаимодействие зарядов, действие поля на заряд, емкость	10	7
Г	Точечный заряд, однородное электростатическое поле, электрический диполь	62	39
Д	Нет верного ответа	9	18
2	<i>Каковы границы применимости у основного уравнения молекулярно-кинетической теории газов?</i>		
А	Это уравнение верно всегда	4	28
Б	Его можно применять для расчета давления газов и жидкостей	12	8
В	Оно справедливо только для воздуха	5	7
Г	Применимо ко всем газам	13	39
Д	Справедливо для идеального газа	70	18
3	<i>Справедливость физической модели определяется...</i>		
А	Выбором экспериментов, лежащих в её основе	13	28
Б	Логичностью построенных уравнений	4	8
В	Точностью математических расчётов	11	7

Г	Экспериментальным подтверждением выводов из неё	69	39
Д	Признанием большинства учёных	4	18
4	<i>Какая из приведенных ниже моделей правильно объясняет взаимодействие электрических зарядов на расстоянии?</i>		
А	Один заряд всегда действует на другой	11	12
Б	Заряды на расстоянии притягиваются	6	8
В	Заряды на расстоянии притягиваются и отталкиваются	18	20
Г	Электрическое поле первого заряда действует на второй и наоборот	66	44
Д	На заряды действуют гравитационные силы.	2	17
5	<i>Чем определяется адекватность модели изучаемому физическому явлению?</i>		
А	Модель должна как можно точнее копировать физическое явление.	11	15
Б	Модель должна отражать наиболее важные черты явления, пренебрегая несущественными в данной ситуации	64	29
В	Модель должна быть как можно более упрощенной копией явления	7	10
Г	В физической модели должны учитываться все свойства явления	12	27
Д	Физическая модель должна быть наглядной и легко объяснимой	8	19
6	<i>В каком из ответов перечислены только физические объекты?</i>		
А	Объём, сила тяжести, железо	5	13
Б	Динамометр, путь, давление	6	19
В	Стекло, время, алюминий	6	23
Г	Гвоздь, мензурка, заряженное тело	79	46
Д	Нет верного ответа	7	17
II. Задания на качественное описание физических объектов и явлений			
7	<i>Есть ли границы применимости у первого закона термодинамики?</i>		23
А	Закон применим всегда, так как это фундаментальный закон	24	17
Б	Закон выполняется только для замкнутой физической системы тел.	47	18
В	Закон применим только для системы с реальным газом	9	25
Г	Закон применим в том случае, когда происходит изменение внутренней энергии и совершение работы	15	18
Д	Первый закон термодинамики не имеет границ применимости	8	23
8	<i>Брусок равномерно перемещают вверх по наклонной плоскости. На каком из рисунков правильно построена математическая модель явления?</i>		

	 <p>Рис. 1</p>	 <p>Рис. 2</p>		
	 <p>Рис. 3</p>	 <p>Рис. 4</p>		
А	Рис. 1.	19	17	
Б	Рис. 2.	6	25	
В	Рис. 3	53	36	
Г	Рис. 4.	3	8	
Д	Нет правильной модели.	22	13	
9	<i>Камень массой 0,2 кг брошен вертикально вверх со скоростью 10 м/с. Какое из приведённых ниже утверждений является правильным?</i>			
А	Импульс камня в момент бросания равен 20 кг·м/с	12	34	
Б	Импульс камня при подъёме уменьшается	68	21	
В	Пока камень движется вверх, его импульс сохраняется	12	22	
Г	На протяжении всего пути импульс камня направлен вниз	5	12	
Д	Импульс камня во время движения равен 0, так как это свободное падение	6	11	
10	<i>Какая теоретическая модель позволяет предсказать, как изменится частота колебаний тела, закрепленного на пружине, если в два раза увеличить массу тела?</i>			
А	Уравнение для периода математического маятника	5	12	
Б	Второй закон динамики	10	18	
В	Материальная точка, подвешенная на невесомой и нерастяжимой нити	8	18	
Г	Уравнение для периода колебаний пружинного маятника	72	45	
Д	Формула для периода малых колебаний тела	8	7	
11	<i>Можно ли точно измерить размеры молекул?</i>			
А	Да, размеры около 10^{-3} м	2	23	
Б	Да, размеры около 10^{-10} м	21	15	
В	Да, всегда можно измерить точно	6	12	
Г	Размеры молекул строго определенные	25	19	
Д	Нет верного ответа	48	31	
12	<i>Является ли температура кипения жидкости постоянной величиной?</i>			
А	Это табличное значение, значит, постоянная величина	17	36	
Б	Температура кипения данной жидкости – постоянная величина	24	18	
В	Температура кипения зависит от внешних условий	54	31	
Г	Температура зависит от объема жидкости	4	8	
Д	Температура кипения зависит от времени	4	7	

13	<p>По теории при перемещении электрического заряда в электростатическом поле по замкнутой траектории работа поля всегда равна нулю. Может ли быть для нашего случая движения заряда (см. рис. ниже) несовпадение теории с практикой?</p> 																							
А	Нет, в любом электрическом поле работа поля равна нулю	19	36																					
Б	Может, при изменении электростатического поля во время движения заряда	45	18																					
В	Нет, в любом электростатическом поле работа поля всегда равна нулю	19	31																					
Г	Нет, так как в данном случае поле не электростатическое.	9	8																					
Д	Может, так как движение по замкнутой траектории	11	7																					
III. Количественное описание физических объектов и явлений																								
14	Для сжатия пружины на 3 см приложили силу 150 Н. Верно ли, что для растяжения этой пружины на 20 см надо совершить работу в 100 Дж?																							
А	Нет, так как такое растяжение пружины невозможно	11	12																					
Б	Верно по результатам применения формул $F = -kx$ и $A = \frac{kx^2}{2}$	34	31																					
В	Нет, надо совершить работу в 200 Дж	18	15																					
Г	Нет, растяжение в 20 см вероятно уже является неупругим.	31	28																					
Д	Нет, растяжение и сжатие пружины – разные явления.	8	14																					
15	Ученик провёл опыты с двумя разными пружинами, измеряя силы упругости при разных деформациях. Результаты экспериментов приведены в таблице. Для какой пружины выполняется закон Гука?																							
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>X, см.</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Фупр.(1), Н</td> <td>0</td> <td>0,5</td> <td>1,0</td> <td>1,5</td> <td>2,0</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>Фупр.(2), Н</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2,0</td> <td>6,0</td> <td>8,0</td> <td>10,0</td> </tr> </table>	X, см.	0	1	2	3	4	5	Фупр.(1), Н	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	Фупр.(2), Н	0	1	2,0	6,0	8,0	10,0		
X, см.	0	1	2	3	4	5																		
Фупр.(1), Н	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5																		
Фупр.(2), Н	0	1	2,0	6,0	8,0	10,0																		
А	Для 1	75	30																					
Б	Для 2	6	23																					
В	Для обеих	15	23																					
Г	Ни для какой	4	9																					
Д	Чтобы определить, выполняется ли закон Гука, нужны другие данные	3	14																					
16	Внешние силы над газом совершили работу 300 Дж, при этом внутренняя энергия газа увеличилась на 500 Дж. Какое количество теплоты было передано газу, если система незамкнутая?																							
А	800 Дж.	17	18																					

Б	500 Дж	16	14
В	300 Дж.	8	29
Г	200 Дж	32	26
Д	Нет верного ответа	15	13

Общая интерпретация результатов: во-первых, в целом по годам есть различия данных усвоения элементов знаний о моделях, т. е. фиксируется неустойчивость усвоения этих элементов; во-вторых, лучшие данные 2011 года говорят о восприимчивости (доступности) системы к формированию и диагностике таких качеств; в-третьих, существует проблема эффективности формирования представлений о моделях в обучении физике. Следует учесть, что в Кировской области уже второе десятилетие в большей или меньшей степени в разных формах ежегодно обращается внимание на освоение знаний о моделях объектов и явлений. Но эффект неустойчив без постоянного внимания и государственной поддержки.

1.4. Модели и физические измерения

Принципиальное отношение в познании «идеальное – реальное» находит выражение в отношении «модели – измерения». В физическом измерении происходит наполнение любой модели физическим содержанием в форме связи с реальностью*.

По-видимому, возможность измерения – это одна из тайн познания. Рассмотрим некоторые аспекты измерений на примере методики обучения физике. Экспериментально четко фиксируется, что типичной ошибкой в школьной практике (да и за ее пределами тоже) является отождествление в сознании людей мира природы с миром науки, фактически научной картиной мира (рис. 1.8). К сожалению, так нормируется учебная деятельность; при этом плохо понимается, что слова – это одно, действия – это другое. На самом деле мир науки – это некая виртуальная реальность, являющаяся фактически отражением мира природы в общественном сознании. Данное отражение получается посредством научного метода, который в свою очередь является предметом мира науки и формируется под его влиянием.

* В начале моей аспирантуры важной для этой темы оказалась статья: Мултановский В. В., Сауров Ю. А. Рассмотрение в школьном курсе роли физических взаимодействий при измерении // Физика в школе. 1980. № 1. с. 30–33. Позднее на эту тему была написана с аспирантом монография [4]. Но проблема понимания роли измерений в обучении физике остаётся.

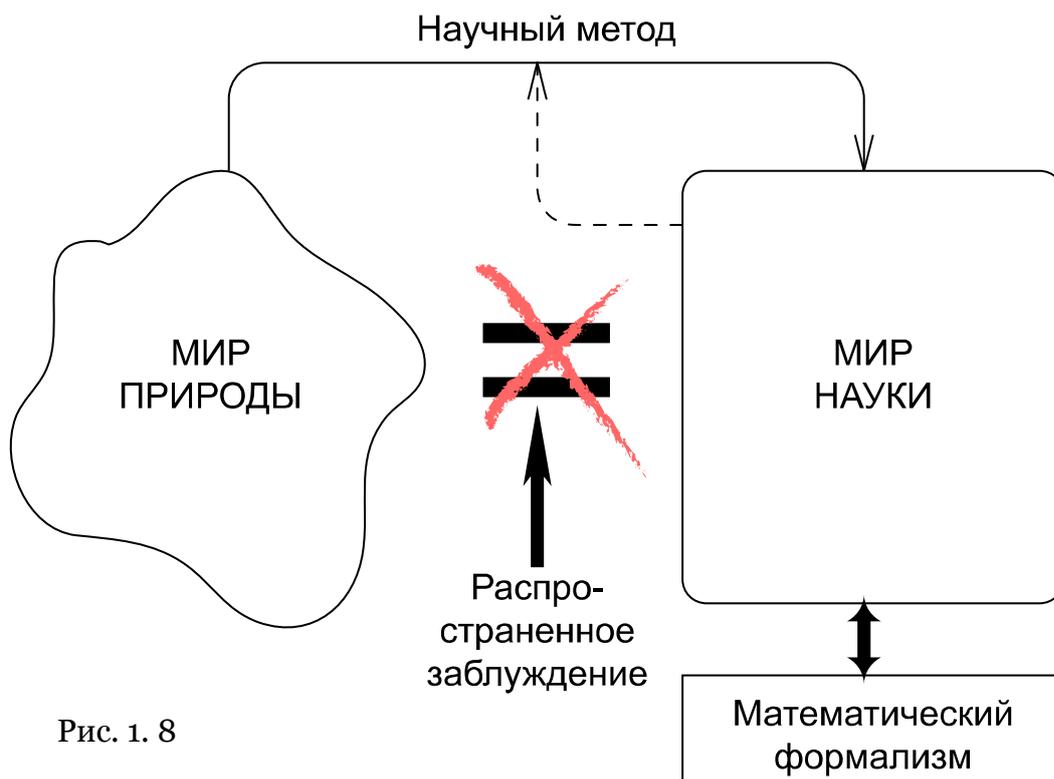


Рис. 1. 8

Мир науки в современном познании тесно связан с математическим формализмом, который в свою очередь сильно влияет на структуру научного мира, хотя и сам формируется под его влиянием. На данном этапе развития науки основной чертой исследования явлений окружающего нас мира является численный метод. Каким же путем человек приходит к количественному методу описания природы? Хотя вопрос тонкий, но схема, каким образом в физике вводят величины для характеристики свойств объектов и процессов, проста. Свойства объектов и явлений проявляются при взаимодействии объектов. Невозможно в принципе даже просто перечислить полностью все взаимодействия, в которых принимает участие тот или иной объект. Поэтому, когда мы выделяем то или иное важное для нас взаимодействие, мы тем самым производим моделирование рассматриваемой ситуации (рис. 1.9, 1-й этап). После этого необходимо построить теоретическую модель выделенного взаимодействия и ввести эталон свойства, проявляющегося в нем. Для этого выбирается некоторое тело, обладающее таким же свойством, и приписывается ему единичное значение. На основе модели взаимодействия определяется способ сравнения интенсивности

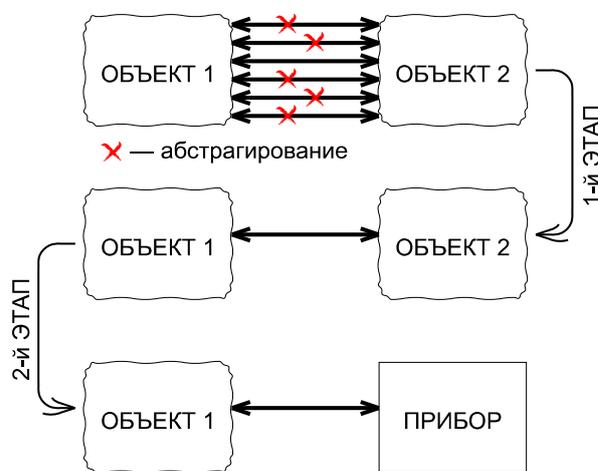


Рис. 1.9

участие тот или иной объект. Поэтому, когда мы выделяем то или иное важное для нас взаимодействие, мы тем самым производим моделирование рассматриваемой ситуации (рис. 1.9, 1-й этап). После этого необходимо построить теоретическую модель выделенного взаимодействия и ввести эталон свойства, проявляющегося в нем. Для этого выбирается некоторое тело, обладающее таким же свойством, и приписывается ему единичное значение. На основе модели взаимодействия определяется способ сравнения интенсивности

проявления выбранного свойства со свойством эталона, а также конструкция соответствующего измерительного прибора. Заменяют один из взаимодействующих объектов прибором, который ет сравнивать свойства объекта со свойством эталона (рис. 1.9, 2-й этап). Таким образом, мы можем получить конкретное числовое значение физической величины, а предварительно саму величину для теории (то есть модели) явления.

Описанный выше способ введения в физику количественных величин можно суммировать в виде схемы (рис. 1.10).

Рассматривая методологию физических измерений, нужно отметить, что последние в современной науке осознаются иначе, чем в классической физике. Отличие классической онтологии физических измерений от современных представлений выражается, прежде всего, в невозможности отвлечения от действия прибора на объект, и отражения этого обстоятельства в описаниях. Современная онтология измерений развивалась под значительным влиянием по-

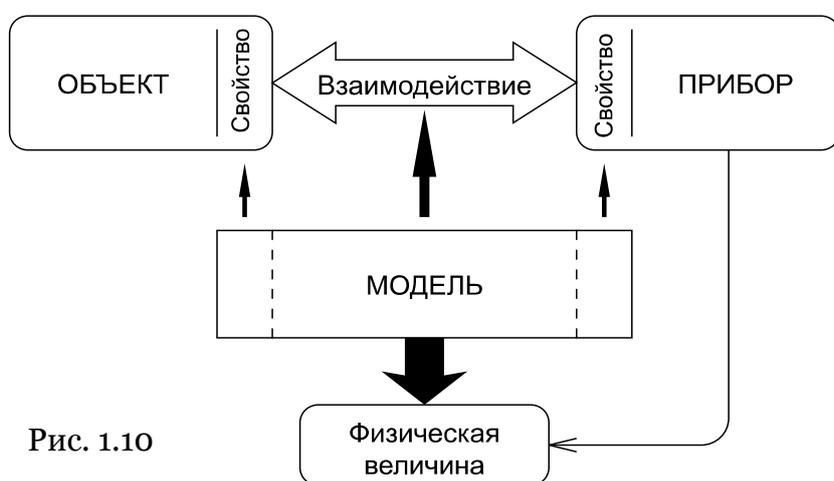


Рис. 1.10

строения квантовой механики. Хотя это и сложно, но сейчас в обучении необходимо рассматривать именно современную модель измерения (**взаимодействие** прибора и объекта, модельный характер любого описания) даже применительно

к ситуациям, находящимся в компетенции классической физики. Если **взаимодействие при измерении** рассматривать как процесс, то нужно выделить следующие его важные стороны:

- *Продолжительность.* Требуется некоторое время, вследствие инертности прибора. Слишком большим время взаимодействия быть не должно, так как физическая величина, как правило, не является постоянной.
- *Интенсивность.* Если интенсивность измерительного взаимодействия велика, то может выйти из строя прибор, либо объект значительно изменяет свое состояние (или разрушается). Если интенсивность недостаточна — прибор показывает нулевое значение.
- *Конечную скорость передачи (в моделях близкого действия).* Конечность скорости взаимодействия в специальной теории относительности приводит к эффектам сокращения длины движущегося тела.
- *Квантовый характер.* Играет определяющую роль при изучении микрочастиц, приводит к ограничениям, выраженным принципом неопределенности Гейзенберга. В широком смысле квантовый характер выражается в том, что изучаемое свойство, по идее, непрерывно, но при измерении получают всегда конечный числовой результат. Принципиально дискретный характер изменения физических величин имеет существенное значение для описаний.

Важно также показать роль измерений при изучении объекта или явления на примере построения теоретической модели явления, основанной на опытных фактах. После выделения объекта исследования из окружающей среды, строится (явно или неявно) такая его модель, в которой выделяются воздействия среды на объект (входные воздействия) и воздействия объекта на среду (выходные воздействия). Причем в физике эти воздействия описываются количественно физическими величинами. Затем, производятся многочисленные измерительные эксперименты с целью установления зависимостей между значениями входных и выходных воздействий. Полученная таким образом система уравнений, описывающая изучаемый объект, является его информационной моделью. Данная описательная, феноменологическая модель служит основой для создания модельной гипотезы уже объясняющей природу объекта, то есть для создания теоретической модели объекта.

В целом следует понимать, что современная методология измерений в науке формируется под влиянием современной физики и в свою очередь оказывает влияние на физическую картину мира, однако в самой физике методологические положения измерений не всегда выделяются и осознаются явно. Тем более методология измерений плохо осознается в других отраслях человеческой деятельности, поскольку в них измерения выступают как прикладной метод. Вероятно, именно этот факт оказывает большое отрицательное влияние на учебные физические измерения, следствием чего являются описанные в начале проблемы.

В школьном курсе физики необходимо явное, хотя, безусловно, ограниченное, рассмотрение физической и методологической стороны физических измерений. При этом нет нужды более подробного изучения процедур обработки результатов измерений, строгих методов расчета погрешностей, ибо это приводит только к потере смысла измерений для изучения явления за рядами цифр и расчетов. Физические измерения (как измерения вообще) с процессуальной точки зрения имеют две стороны: процедурную (собственно измерительные действия) и формальную (представление и обработка результатов). То же относится и к учебным физическим измерениям. Всего для системного представления следует выделить **четыре стороны измерительной операции**: а) методологическую; б) физическую; в) процедурную (на нее традиционно обращается наибольшее внимание); г) творческую (изготовление, подбор приборов и методов измерения, составление плана измерений и др.).

В итоге в качестве нормы можно выделить следующие **знания и умения**, которые необходимы для более глубокого понимания сути физического измерения:

- Связь физического измерения с физическим экспериментом вообще (физическое измерение — источник рационального знания об окружающей нас природе).

- Модели и реальные объекты: измерение — один из практических критериев применимости данной модели в данной ситуации.

- Связь данного физического измерения с данным физическим экспериментом. Измерительная операция всегда является частью исследуемого явления.

- Цель данного физического измерения в данном случае.

- Что означают результаты данного физического измерения, и каково качество полученных результатов измерения.

- Приближенность результатов измерения как следствие моделирования измерительного процесса, изучаемого процесса, а также особенностей изготовления и использования шкал измерительного прибора.

- Погрешность результатов физического измерения как показатель степени соответствия полученных данных истинному значению выделенной физической величины (как показатель качества измерительной модели).

Роль измерений в познании фундаментальна. В конечном итоге в них выясняется «реальность» моделей, теоретического мира науки. В частности, моделирование физических явлений математическими объектами (типичными являются скаляры, векторы, функции, графики, дифференциальные уравнения) происходит **под контролем** измерений. О фундаментальной важности моделирования физических объектов и явлений с помощью математики нечего и говорить. Так это для теории, но так это и для практики. Факты измерений постоянно используются с разными целями.

Итак, измерение на всех этапах сопровождается модельными представлениями. Не забудем, что вся теория погрешностей — форма, в которой фиксируется ограниченность, приближенность, модельность измерений как процесса и результата.

1.5. Модели и моделирование в творчестве физиков

Исторически, по мере усложнения познавательных и технических норм деятельности постепенно усиливается внимание физиков к теоретическому отношению к действительности, выраженное в осмыслении познавательных процедур, в том числе процессов физического мышления и рефлексии. И как частность, скорее даже как приём описания, распространяются процедуры использования моделей и моделирования. Ниже мы выделяем, на наш взгляд, востребованные сейчас идеи (см. полнее [71]). Для нас важно, что в работах физиков можно найти обоснование актуальности рассмотрения моделирования в обучении.

Однако в научных и особенно в учебных текстах по физике содержание вопросов моделей объектов и явлений, сами процедуры моделирования слабо и непоследовательно развёрнуты. Они остаются как бы в подтексте. Но этого для современного образования уже недостаточно. И пока не преодолена позиция, явно сформулированная в выступлении-статье И. К. Кикоина, хотя в своё время она и была обоснована: «Для учёных-физиков ясно, что мы не можем представить полную картину того, что происходит в природе, и ограничиваемся моделями. Но внушать школьникам с малых лет, что физика на самом деле изучает не то, что происходит в природе, а искажённое представление, – это вредно, неправильно» (1978, с. 76). С нашей точки зрения, методике обучения физике не хватает количества решений по моделям для получения качественно нового образовательного эффекта.

Итак, обратимся к конкретным текстам, как к фактам.

Декарт (1596-1650) строил не просто науку, **он строил методологию построения науки Нового времени**, методологию познания. Его едва ли не основная работа называется «Правила для руководства ума». Он писал: «Целью научных занятий должно быть **направление ума** (подчеркнуто нами – Ю. С.) таким образом, чтобы он выносил прочные и истинные суждения о всех встречающихся предметах...» [5, с. 272]. Таким образом, заданию норм мыслительной деятельности, как сейчас делается в стандартах обучения физике, и тогда уделялось пристальное внимание.

Повторим, что мышление, историческое и социальное по природе, «передается» в обучении. И это идея для построения методической модели освоения мышления. Об этом много и целенаправленно в методике физики писал профессор В. В. Мултановский [107]. Но эта главная задача пока трудно решается теорией и практикой обучения. С нашей точки зрения, сейчас основное внимание и надежды сосредоточены на: а) освоении систем физических знаний по структуре-форме фундаментальной теории «основание – ядро – следствия» (В. В. Мултановский и др.), по структуре принципа цикличности «факты – модель – следствия – эксперимент» (В. Г. Разумовский), по структуре обобщенных планов изучения явлений и др.

Мысль о моделировании

«Мы не утверждаем, что не следует верить тому, что мы видим. На самом деле, у нас нет другого выбора. Тем не менее, знание того, что восприятие – не пассивный акт, а скорее приобретенное в результате обучения применение наших интеллектуальных возможностей, хотя и происходящее неосознанно, должно предупреждать нас о том, что предметы не обязательно являются тем, чем они кажутся, и что изменения в нашем мышлении могут изменить то, что мы видим»

М. Голдстейн, И. Голдстейн
(1984, с. 41)

(А. В. Усова), б) освоении логики физического мышления в процессе организации учебной деятельности по схеме научного метода познания «факты, проблема – гипотеза, модель – следствия, выведенные из модели – эксперимент как практика» [129–141], в) освоении общей ориентировки деятельности при решении всех задач «анализ текста и физического явления – идея или план решения – математическая модель физического явления или математическое решение – подведение итогов решения или анализ решения» (В. А. Орлов, Ю. А. Сауров и др.)*. И все эти предлагаемые ориентировки учебной деятельности по дидактическим функциям и содержанию – **методические модели**.

Движущим мотивом творчества Декарта была потребность изменения познавательной, преобразующей деятельности людей для создания эффективного машинного производства. Отсюда все его устремления математизации деятельности, разложения деятельности (см. полнее Я. И. Ляткер**). В своем методе Декарт стремился преодолеть, объединить, обобщить античный и средневековый идеал мышления, то есть чувственный образ (зрение, опыт) и мысль (слово). Свою методологию познания он реально применил для выполнения открытий в оптике линз и сделал их, тем самым *доказав продуктивность работы мысли над мыслью, то есть предложил инструмент изменения ума для познания. И эта идея-гипотеза в методологии XX века – одна из самых продуктивных, что подтверждается практикой*. В обучении физике эта идея осталась и оказалась продуктивной в форме методических приемов работы с системами знаний (построение и усвоение структурно-логических схем знаний и др.), то есть является реализацией того далекого открытия Декарта об изменении мышления для мышления в форме работы над мыслью, знаниями. Отсюда и принципиальный вывод для организации практики обучения: в учебном познании надо параллельно и в равной степени внимания работать а) над объектами природы, б) над самим мышлением, методом.

Современной и фундаментальной остается установка: «Мы приходим к познанию вещей двумя путями, а именно путем опыта и дедукции...» [5, с. 273]. В нашем понимании дедукция – это теоретические исследования, в том числе **математическое моделирование** с потенциалом дедуктивного вывода. Хотя сейчас теоретическое исследование по составу познавательных процессов понимается гораздо шире дедукции. Понятие опыта за длительный период познания тоже изменилось: с одной стороны, специализированный под цели познания опыт трансформировался в экспери-

*Орлов В. А., Сауров Ю. А. Практика решения физических задач. М.: Вентана-Граф, 2010. 272 с.

**Ляткер Я. А. Декарт. М.: Мысль, 1975. 198 с.

мент, с другой стороны, в широком смысле, при расшифровке целей науки как средства улучшения жизни человечества, просто опыт трансформировался в опыт предметно-преобразующей, производственной, в целом трудовой деятельности. Практика выбирает и отбраковывает научные решения, т. е. **выбирает эффективные модели деятельности**. Жаль, что в методике обучения физике сейчас эта процедура может растягиваться на десятилетия, что и культурно и социально вредно для модернизации общества, ускорения технологического развития страны.

Некоторые **положения рационалистической методологии познания** Р. Декарта актуальны и сейчас для управления учебной деятельностью. Например:

- истина не дана заранее, ее следует открывать с помощью метода, которым может пользоваться «всякий... как бы ни был посредственен его ум»; в целом акт познания выражается схемой «субъект – метод – объект», причем ядро этого акта познания – метод (Я. А. Ляткер, с. 86);

- в познании необходимо жесткое различие субъекта познания и объективного мира; в целом объект деятельности схватывается интуитивным актом (сейчас это процедурно завершается в онтологизации), а потом уточняется в ходе дедукции, что требует новых действий дедукции (метода) и т. д. – так выражается цикличность познания;

- следует выделить двух правил познания – индукции и дедукции (математики); первая дает простой образ, объект, дает основание, это элементарный акт познания, некое единство опыта и теории, выраженное в объекте; вторая строит систему знаний;

- экспериментирование касается обоих миров – природы и ума (знаний); Декарт ясно понимал, что его правила ума, метод нацелены на познание природы, фактически выражают единство диалектики природы и диалектики познания. Он писал: «Для того, чтобы достичь познания вещей, нужно рассмотреть только два рода объектов, а именно: нас, познающих, и сами подлежащие познанию вещи» [5, с. 283].

- сами по себе основные чувства слух и зрение не дают достоверных идей объектов окружающего мира, для выделения, познания сути вещей необходимы «очи разума», то есть такие идеальные образования-принципы как материальная точка, математическая нить, инерция (Я. А. Ляткер, с. 97 и др.); в целом метод познания является орудием познавательной деятельности человека, причем он направлен на изучение реального мира; но одновременно он и дает возможность построить, изобрести, сотворить идеальный Мир для понимания своей деятельности, объектов реального мира;

- метод по Декарту – это методически развитый ум (там же, с. 114); в развитие видения Декарта сейчас можно сказать, что

современное научное мышление – это нормативно заданный и освоенный в обучении метод познания.

В физике Декарт сделал гигантский шаг вперед, в частности, определив движение в системе координат, то есть сведя его к пространственному изменению положения материальной точки. Так **в методе раскрылась фундаментальная роль моделей в познании.**

Для творчества Галилея (1564–1642) характерно «редкое сочетание содержательно-физического, логико-философского и математического мышления» (А. В. Ахутин, 1976, с. 167). Такое мышление и привело Галилея к методу естественнонаучного познания. А. Эйнштейн и Л. Инфельд глубоко и точно характеризовали: «Открытие, сделанное Галилеем, и применение им методов научного рассуждения были одним из самых важных достижений человеческой мысли, и это отмечает действительное начало физики... Закон инерции нельзя вывести непосредственно из эксперимента, его можно вывести лишь умозрительно – мышлением, связанным с наблюдением» [199, с. 363, 364]. Подчеркнем: это так для всех законов физики! **Причём это и есть моделирование.** Не случайно с именем Галилея связано теоретическое отношение к наблюдаемым фактам, отсюда понятна вся его критика чувственного опыта. И если в то далекое время это прямо касалось естествознания, то сейчас всех сфер деятельности. Отсюда и отношение к моделям.

Построение новой физики требовало не частных решений, а смены парадигмы «умственного видения» физического мира, **изменения процедур самого мышления.** Вот почему стержнем для Галилея является метод экспериментирования над мыслью в известных «Диалогах...» и «Беседах...». Что же для нас получается «в сухом остатке»?

- Галилей поставил задачу и осмыслил природу эмпирического факта. Например, ученых волновал вопрос: мы действительно видим планеты в зрительную трубу, а не феномены линз? В «Диалогах...» дается четкая позиция о том, что факт может быть принят в функции факта только в схеме теоретических отношений. И сейчас даже в обучении физике используется мысль о том, что человек видит не глазом, а умом, то есть на основе картины мира, мировоззрения и др. В учебнике «Физика-9» С. В. Громов даже специально подчеркивает: «Дело в том, что процесс зрения непрерывно корректируется мозгом, получающим информацию не только через глаза, но и через другие органы чувств» (М., 2000, с. 98). Понимание наблюдения, то есть признание факта, возможно только тогда, **когда построена его модель** (шире – теоретическая схема).

- Галилей гениально подстроил или перестроил экспериментирование под задачи теоретического познания, привел его к экспериментированию **с идеальными объектами, которые в этом процессе становятся моделями.** При этом за предметной деятельностью он «увидел» деятельность над мыслью, над понятием, причем в предельных моментах движения. Например, он исключил идею Аристотеля о круговом движении как идеальном движении, уравнивая его с движением по прямой как дуге окружности бесконечно-го радиуса. И таким образом вводит **новое идеальное движение** – прямо-

линейное равномерное движение, что приносит новые возможности понимания и описания механического движения. Больше: все фундаментальные теоретические понятия физики Галилея «строятся из элементов, принципиально ненаблюдаемых» [7, с. 170].

- Теоретическое отношение к фактам приводит от просто наблюдения к исследованию. В «Диалогах...» не случайно Сальвиати отбирает пары наблюдений – это движение в познании к исследованию (А. В. Ахутин, В. С. Библер). Вот и для физического образования сегодняшнего дня – это актуальнейшая задача: следует в полной широте восстановить исследовательскую деятельность школьников. И здесь важны отбор и число опытов, техника и методика измерений, систематизация данных физических величин и определение возможных функциональных (а затем и причинных) связей, учет погрешностей измерений и формулирование закономерностей, определение границ применимости и др. При этом **ведущей должна быть организация мысли школьников, связанная и подкреплённая внешними действиями.**

Разделение и различение закона природы, например движения тела самого по себе (то есть идеального движения), от закономерностей реального (обычного) движения тела – глубокое методологическое открытие Галилея. В экспериментировании как великой форме теоретизирования он нашел **метод формирования теоретического понятия**, предмета, закона природы.

- В своей познавательной деятельности Галилей задает новый тип учебного – экспериментатора-теоретика (А. В. Ахутин, 1976, с. 210). И для практики современного (передового) физического образования формирование именно такого опыта деятельности экспериментирования является одним из приоритетов. В самом деле, для воспитания человека-творца актуальным является экспериментирование (как построение опытов, то есть «изобретательного» эксперимента) на основе теоретических идей и методологических установок, так и теоретическое объяснение (конструирование) реальности (явлений и технических объектов).

- Современники Галилея, в том числе и Декарт, а позднее и переводчики его сочинений, аргументировано сомневались в результатах опытов Галилея... Так возникает проблема идеализированного (конструктивного) эксперимента. Именно он формирует предмет, отделяет от него внешние причины. Сам Галилей писал: «Наши доказательства... должны быть ясными по отношению к телам, свободным от внешних препятствий. Но поскольку в действительности нельзя найти таких тел, то производящий такой эксперимент не должен удивляться, если он потерпит неудачу...» (цит. по: А. В. Ахутин, 1976, с. 234). Так эксперимент становится экспериментом не только с предметом (в смысле реальным объектом), но и с понятием, в конечном итоге с мышлением (В. С. Библер, 1975, с. 290). В методологии Галилея связь «идеального» и «реального» миров есть. Здесь и надо искать **идеи построения методических моделей** учебной деятельности.

- Мышление Галилея принципиально диалогично (В. С. Библер). Это значит, во-первых, критичность мышления при обязательном рассмотрении аргументов «за» и «против», то есть своего рода экспериментированием над внутренней речью, чаще сначала в форме внешней письменной или устной речи. Во-вторых, существенно различие и единство мышления (экспериментирования) над мыслью, которая представляется объектом, и мышления над реальным объектом, вещью. Здесь экспериментатор – Разум, предмет эксперимента – существующая Культура мышления (В. С. Библер, с. 299 и др.).

Французский физик и математик **А. Пуанкаре** (1854–1912) много и глубоко писал о познании, и его идеи не устарели [125]:

- Проблема, которой больше ста лет: «...руководства по механике не вполне ясно различают, где опыт, где математическое суждение, где условное соглашение, где гипотеза» (с. 63). **В методических моделях** обучения физике пока слабо представлено различение знаний по их статусу.

- *Особенности физического познания как моделирования:* «Экспериментальный закон всегда подвержен пересмотру» (с. 67).

«Подобно принципам Ньютона (и по тем же основаниям), принцип сохранения энергии, основанный на опыте, не может быть опровергнут этим последним» (с. 84); «Всякое обобщение есть гипотеза, поэтому гипотезе принадлежит необходимая, никем никогда не оспаривавшаяся роль» (с. 97); «ученые все-таки полагают, что есть известная иерархия фактов и что между ними может быть сделан разумный выбор... Наиболее интересными являются те факты, которые могут служить свою службу многократно, которые могут повторяться» (с. 289).

Мысли о модельной природе законов:

- «Итак, нет ни одного закона, о котором мы бы могли с уверенностью сказать, что в прошлом он верен с той же степенью приближения, что и сейчас».
- «Дело обстоит не так, что изменение законов обнаруживается сначала путем индукции и опыта, а мы лишь потом стараемся их объяснить, подводя их во что бы то ни стало под более или менее искусственный синтез. Нет, синтез идет прежде всего, и если мы приходим к заключению об изменении законов, то лишь для того, чтобы не нарушать синтеза».

А. Пуанкаре
О науке, 1983, с. 418

- *Отношение реальности и науки:* «Для нас не так важно, существует ли эфир в действительности – пусть это решают метафизики; для нас важнее то обстоятельство, что все происходит так, как если бы он существовал, и что эта гипотеза удобна для истолкования явлений» (с. 131); «...не природа навязывает их (пространство и время – вставка Ю. С.) нам, а мы налагаем их на природу, потому что мы находим их удобными» (с. 157); «научные законы – не искусственные изобретения; мы не имеем никаких оснований считать их случайными, хотя мы и не могли бы доказать, что они не таковы» (с. 158).

- *Физика и физическое мышление:* «Физика не только дает нам повод к решению проблем; она еще помогает нам найти к этому средства. Это происходит двояким путем. Во-первых, она дает нам предчувствие решения; во-вторых, подсказывает нам ход рассуждения» (с. 225); «Истинная творческая работа состоит в том, чтобы де-

лать выбор среди этих комбинаций, исключая из рассмотрения те, которые являются бесполезными...» (с. 316).

«Абсолютного пространства нет. Поэтому с точки зрения кинематики из двух... положений – «Земля вращается» и «Земля не вращается» – одно не более верно, чем другое... Перед нами видимое суточное движение звезд, суточное движение других небесных тел, а с другой стороны – сплющивание Земли, вращение маятника Фуко, вращение циклонов, пассатные ветры и т. д. ... Говоря: «Земля вращается», я утверждаю, что все эти явления по существу находятся в тесном соотношении друг с другом, и это верно; и это остается верным, хотя нет и не может быть абсолютного пространства» (с. 280).

«Или еще лучше, между фактами новыми и старыми, для которых первоначально и была придумана гипотеза, существует такая тесная связь, что всякая гипотеза, объясняющая одни факты, должна тем самым объяснять и другие; таким образом, проверяемые факты являются только внешне новыми» (с. 478).

Великий датский **физик-теоретик Нильс Бор** (1885–1962) оказался в XX веке в нужном месте в нужное время, на переломе революционного этапа развития физики. Н. Бор настойчиво работал над уточнением и определением понятий, то есть над категориями квантовой механики.

Долго, трудно, но настойчиво в спорах разрабатывал Н. Бор принцип дополнительности, идя от принципа соответствия. Принцип внес понимание в сложные представления (модели) квантовой механики. Процедуры разработки принципа хорошо показывают их модельный характер. Для того, чтобы сохранить идеалы причинности классической (макроскопической) физики необходимо было уточнить или переосмыслить такие фундаментальные понятия как событие, явление, измерение... Особенно ярко это представлено в книге «Атомная физика и человеческое познание» [10].

- *Познание и понятия.* «Когда мы говорим о системе понятий, мы имеем в виду просто-напросто однозначное логическое отображение соотношения между опытными данными» (с. 96). И далее: «... даже если явления выходят за пределы применимости классической физики, все же характеристика экспериментальной установки и запись произведенных наблюдений должны даваться на обычном языке, надлежащим образом дополненном специальной физической терминологией» (там же, с. 101). «В квантовой физике описание действия измерительных приборов является, как мы видели, необходимым условием для определения самого явления» (там же, с. 124).

- «Прежде всего, принципы механики Ньютона внесли значительную ясность в проблему **причины и следствия**; это было достигнуто благодаря тому, что они позволяли, по состоянию физиче-

ской системы в данный момент, предсказать ее состояние в любое последующее время... Сохраняя идею детерминизма, но основываясь исключительно на зависимости между однозначными измерениями, которые сводятся в конечном счете к совпадению между событиями, Эйнштейн сумел перестроить и обобщить все здание классической физики и тем самым придать нашей картине мира единство, превосходящее все, что можно было ожидать» (с. 97-98). **В квантовой механике** «логический подход не может пойти дальше вывода относительных вероятностей для появления того или иного индивидуального явления при данных экспериментальных условиях. В этом отношении квантовая механика представляет собой последовательное обобщение детерминистического механического описания...» (там же, с. 103).

- *Инварианты в описании природы.* «Уже классическая механика обходится без понятия причины при рассмотрении равномерного движения; далее, теория относительности научила нас тому, что соображения инвариантности и эквивалентности могут рассматриваться как категории рационального объяснения. Подобно этому, в дополнительном описании квантовой физики мы имеем дело с дальнейшим самосогласованным обобщением» (там же, с. 104).

- *Принцип дополненности* как фундаментальный эвристический принцип. Н. Бор писал: «Исследование того, в какой мере описание физических явлений зависит от точки зрения наблюдателя, не только не внесло никакой путаницы или усложнения, но, наоборот, оказалось неоценимой путеводной нитью при разыскании основных физических законов, общих для всех наблюдателей» (с. 98). И далее: «Действительно, с позиций объективного описания лучше употреблять слово «явление», только если речь идет о наблюдениях, полученных при определенных условиях, то есть таких, в описание которых входят данные обо всей экспериментальной установке... эта терминология напоминает нам о том, что всякое атомное явление целно и закончено... Здесь важно уяснить себе, что формальный аппарат квантовой механики допускает однозначное применение только к такого рода завершенным явлениям. И в этом отношении он является рациональным обобщением классической физики, в которой не только завершенное явление, но и каждый этап хода событий описывается измеримыми величинами» (с. 102–103).

У **М. Борна** (1882–1970) есть целый ряд мировоззренческих высказываний, которые актуальны для современного физического образования. Обратимся к первоисточнику [12].

- *Реальность и новая реальность.* «Современная физика достигла своих крупнейших успехов в немалой степени с помощью применения методологического принципа, согласно которому понятия, относящиеся к различиям за пределами возможного опыта,

не имеют физического смысла и должны быть элиминированы» (с. 163). Борн приводит классические представления о реальности, опираясь на представления Эйнштейна: «Все должно сводиться к мысленным пространственно-временным объектам и к закономерным связям между этими объектами. В таком описании нет ничего, что было бы связано с эмпирическими знаниями об этих объектах... Этот способ описания и подразумевают, когда говорят о физическом описании «реального внешнего мира»...» (с. 167). Квантовая физика вводит новое, другое понятие о реальности (с. 170).

- *Дуализм частиц и волн.* «Волны, удовлетворяющие этому уравнению, совсем не представляют движения частиц. Они лишь определяют возможные движения или, лучше сказать, состояния материи. Материю всегда можно представлять себе состоящей из точечных масс (электроны, протоны), но во многих случаях частицы не могут быть различимы как некие индивидуальные объекты, например в том случае, если они входят в атомную систему» (с. 157).

- *Принцип относительности и познание.* «Еще до Эйнштейна изучение физического мира привело к преодолению пределов, ограничивающих доступное человеческим чувствам... По сути дела, вся наука – это сложный лабиринт такого рода взаимосвязей, составляющих чисто геометрические структуры, понятные зрению или прикосновению... Этот процесс представляет суть объективации, которая преследует цель сделать наблюдения настолько независимыми от индивидуальности наблюдателя, насколько это возможно. В этом смысле электромагнитные поля, неосязаемые непосредственно ни для одного из человеческих чувств, могут быть введены посредством сведения их к механическим величинам, доступным для измерения в пространстве или во времени». И далее: «Другой общей чертой науки стал принцип сведения к относительному» [11, с. 12].

Познавательные позиции В. Гейзенберга (1901–1976). Для нашей цели выделим наиболее важные мысли на этот счет [24].

- Довольно много Гейзенберг писал **о реальности**, в конечном итоге связывая ее определение с опытом деятельности. Вот типичные мысли: «Первичной реальностью оказалось то, что мы можем видеть и осязать» [24, с. 123]; «В экспериментах с атомными процессами мы имеем дело с вещами и фактами, которые столь же реальны, сколь реальны любые явления повседневной жизни. Но атомы или элементарные частицы реальны не в такой степени. Они образуют скорее мир тенденций или возможностей, чем мир вещей и фактов» (там же, с. 117).

- Очень четко Гейзенберг выражается относительно *развития понятий*: «Прогресс науки, очевидно, не мог быть все время связан с тем, что для объяснения новых явлений применялись только известные законы природы»; «Теория относительности всегда играла

в современной физике особо важную роль. В ней впервые была показана необходимость периодического изменения основополагающих принципов физики» (там же, с. 55, 64). **Модельная природа любых знаний** здесь фиксируется отчётливо.

• Принципиальным является отношение физиков к *методу познания, который тесно связан с моделированием*. Интерес к нему в системе физических знаний и сейчас только растёт. В начале создания квантовой физики диалог по этому поводу был особенно острым. Вот типичный пример:

«– Но неужели Вы всерьез думаете, – возразил Эйнштейн, – что в физическую теорию можно включать лишь наблюдаемые величины? – А разве не Вы сами, – спросил я в изумлении, – положили именно эту идею в основу своей теории относительности?.. – Возможно, я и воспользовался философией этого рода, – отвечал Эйнштейн, – но она, тем не менее, чушь... Но с принципиальной точки зрения желание строить теорию только на наблюдаемых величинах совершенно нелепо. Потому что в действительности все ведь как раз наоборот. Только теория решает, что именно можно наблюдать. Видите ли, наблюдение, вообще говоря, есть очень сложная система...» (с. 191–192).

П. Дирак (1902–1984): Пути физики и физика. Ниже на основе его лекций выделено использование моделей квантовой механики [40, 41].

1) *Для современной физики построение механики выступает как модель, как образец деятельности моделирования*. Дирак писал: «Квантовая механика развилась из классической механики Ньютона. Ньютон установил законы механики, на которых основана вся теория механических явлений и которые согласуются с результатами крупномасштабных наблюдений, если их несколько «подправить» в соответствии с теорией относительности Эйнштейна» [40, с. 8].

2) *Сначала всегда решается задача «подправить» известные модели*. «Для очень малых тел, вроде тех, с которыми мы встречаемся в мире атомов, законы Ньютона не выполняются». Но далее: «Удивительным было то, что при определенных условиях законы Ньютона оказались пригодными для описания движения электрона в атоме: для этого нужно, во-первых, пренебречь действующими на электроны силами, связанными с излучением, во-вторых, ввести в рассмотрение квантовые условия» (там же, с. 10).

3) «Я не случайно употребил слово «игра», оно точно передает то, что мы делали, – мы были увлечены интересной игрой». В итоге: «Мы получили уравнения, в которые входили некоммунируемые величины, но при этом не могли их проинтерпретировать» (там же, с. 12, 13).

«Общий метод интерпретации новой механики, появившийся через два или три года после уравнений, заключался в следующем: квадрат модуля волновой функции предлагался равным вероятности того, что частица находится в данной точке в определенный момент времени» (там же, с. 14). Таким образом, проблема описаний в физике ставится и осознаётся.

Для моделирования как метода важны следующие **высказывания Дирака**:

- «В физике следует стремиться к построению всеобъемлющей схемы описания природы в целом... Необходимо, чтобы квантовая теория поля базировалась на таких понятиях и методах, которые можно было бы унифицировать с понятиями и методами остальной физики» [40, с. 7].

- *Приоритет метода* явно следует из следующего высказывания Дирака: «Поля и частицы – это не два различных объекта, а два способа описания одного и того же объекта, две различные точки зрения на один и тот же объект. Мы используем тот или другой способ описания, руководствуясь соображениями удобства...» (там же, с. 9).

- «Система приближений, которой я буду пользоваться, в какой-то мере аналогична приближениям, которыми пользуется в расчетах инженер. Инженеру нужно получить результаты, а в стоящих перед ним проблемах имеется такое множество факторов, что большинством из них он вынужден пренебречь... Окончательный критерий состоит в том, является ли построенная теория последовательной и находится ли она в разумном согласии с экспериментом» (там же, с. 11).

Идеи развития науки в трудах Ю. Вигнера (1902–1995). Приведем здесь некоторые положения, следуя его известной книге «Этюды о симметрии» [21], наиболее принципиальные и важные для показа отношения «реальность – описания»:

- Вигнер многократно писал: «Мир очень сложен, и человеческий разум явно не в состоянии полностью постичь его...»; «Окружающий нас мир поразительно сложен, и самая очевидная истина заключается в том, что мы не в состоянии предсказать его будущее» [21, с. 9, 185].

И далее важная с точки зрения познания мысль: «Именно поэтому человек придумал искусственный прием – в сложной природе мира винить то, что принято называть случайным... Сложность получили название начальных условий, а то, что абстрагировано от случайного, – законов природы». Законы природы устанавливают (выражают) связь между событиями, то есть корреляцию (там же, с. 35).

Можно согласиться, что «физика не претендует на объяснение природы... Действительно, огромные успехи физики обусловлены четким ограничением предмета ее исследования: физика пытается объяснить лишь закономерности в поведении различных объектов» (там же, с. 45). Отсюда и в обучение физике приходит понимание, во-первых, необходимости организации учебной деятельности для установления экспериментальных зависимостей между характеристиками объектов, во-вторых, **необходимости такой формы законо-**

мерности как гипотеза-модель, где фиксируется какая-то норма в движении объекта, хотя и не в количественном виде.

• Фундаментальным, первым и наиболее простым *принципом инвариантности* является утверждение: «абсолютное положение и абсолютное время никогда не входят в число существенных начальных условий», то есть результат не зависит от того, **где и когда** мы реализуем явление при существенных начальных условиях (там же, с. 10). Далее Вигнер жестко отмечает: «Не будь ее, мы бы не смогли открывать законы природы».

Сейчас в обучении физике в школе нет четкого выделения роли начальных (и граничных) условий при изучении явления. **Хотя это во многом объясняет модельный характер законов природы.**

• Многие, исторически сформулированные, принципы инвариантности, например, принцип подобия, «следует считать продуктами опыта, а не априорными истинами» (с. 11).

С точки зрения ОТО, кривизна пространства измеряема, тогда «перемещение из области с малой кривизной в область с большой кривизной не оставляет законы природы инвариантными» (с. 12). И теория формулирует новый принцип инвариантности, в простой формулировке он утверждает: «события в одной части пространства зависят только от полей в окрестности этой части пространства, то есть от измеряемых величин» (с. 12). Так идеи и законы теории поля становятся универсальными.

В школе рассматриваются законы сохранения. Понятие инвариантности не вводится и не используется, хотя является более мощным инструментом познания. Сами законы сохранения определяются то ли как эмпирические, то ли как теоретические. Инвариантность прямо связана с принципами симметрии. Вигнер писал: «законы симметрии применимы именно к законам природы, то есть к корреляциям между событиями, а не к самим событиям» (с. 25).

• На примере истории **развития модели промежуточного ядра** Вигнер формулирует общие этапы *развития любой теории*. Но иллюстрация по этапам для простоты выполнена на примере механики (с. 109-110).

Первый этап. Из теории выделены все «эфемерные» и общие элементы. Например, для законов свободного падения Галилея эфемерным было постоянство ускорения, общее выражалось в пропорциональности между ускорением и силой.

Второй этап. Общим элементам придается как можно более широкая формулировка. В итоге для механики это оказывается второй закон Ньютона. Вот как описывает ситуацию академик И. Ю. Кобзарев: «Дело в том, что в трех законах Ньютон выделил то, что не зависит от конкретного вида сил, поэтому они образуют только пустую схему механики как научной теории. Физическая теория возникает из этой схемы, когда выделяется определенный круг явлений и устанавливается закон сил, управляющих ими» (1978, с. 45). Проблема теперь

Мысль

Вопрос не в том, как реализуется интеллектуальная работа. Вопрос в том, как мы её расчленили и представили в педагогических целях – в нормах для её воспроизводства... Действительно, деятельность кооперативна... Но все-таки мышление – это не деятельность... формы нормировки интеллектуальной деятельности действительно превратили мышление в индивидуальный процесс.

Г.П. Щедровицкий, 2005.
С. 360, 361

заключается не в описании движения, а в выяснении природы сил, а она решается и вне механики.

Третий этап. Это поиски «фундаментальной причины элементов общего физического закона» (с. 110). Для второго закона динамики это «эквивалентность движущихся определенным образом наблюдателей», что выражается в первом законе динамики, в преобразованиях Галилея и позднее Лоренца. Этот этап явно методологический, этап выяснения физического смысла.

- В состав научных знаний Вигнер включает **не только границы применимости, но всевозможные ограничения науки**. Он пишет: «...ограничения нашей науки кроются в человеческом интеллекте, в объеме его интересов, способности к обучению, памяти, общению с себе подобными. Ясно, что все эти ограничения связаны с конечной протяженностью человеческой жизни... Очевидно, существует предел, выше которого сжатость изложения... как самоцель перестает быть полезной для хранения информации» (с. 173-174). Вигнер рефлексивно утверждает: «нам в принципе неизвестно, почему наши теории «работают» так хорошо» (с. 197). **Таким образом, ставится небесполезный для обучения вопрос о природе моделирования.**

- Математический язык – единственный и удивительно продуктивный язык физики (с. 190-191). Ньютон «постулировал свой закон всемирного притяжения, опираясь на единственное и в те времена весьма грубое численное совпадение» (с. 191), хотя потом выполнение закона доказано с точностью до 0,0001%! Такое математическое по форме «угадывание» закона не редкость в физике. И значение **математического моделирования** (творчества!) только растет – физики осваивают все новые и новые области математики.

Известный американский физик-теоретик **Виктор Вайскопф** многократно высказывался по гносеологическим вопросам физического познания.

- **Принцип непрерывности.** «Одной из главных особенностей классической физики является возможность делить каждый процесс на составные части...» (с. 37)*. Квантовая физика радикально изменяет эту парадигму (модель). В итоге возникает понимание, почему неразличимы атомы одного вида.

- **Развитие науки эволюционно**, отсюда «любая из новых и так называемых революционных идей в современной науке возникла как усовершенствование старой системы мышления, ее обобщение или расширение» (там же, с. 53).

- На первом этапе (1912–1922) создания квантовой физики Бор по необходимости руководствовался **интуитивным методом**, на втором этапе (1922–1930) Бор нашел новый метод работы – собрал коллектив талантливых физиков мира (Паули, Гейзенберг, Эренфест, Гамов, Ландау и др.) и **в диалоге** были построены системы концепций (там же, с. 53-55). В это время «Идеи принимали свою настоящую форму только в ходе этих пробных формулировок. Взаимосвязь между мышлением и языком всегда пленяла Бора» (там же, с. 60).

Известный физик Д. Томсон, сын великого физика Дж. Дж. Томсона, в своей научно-популярной книге «Дух науки» (М.: Знание, 1970. с. 176) прямо ставил цель: «рассказать о том, как думает ученый, особенно в процессе исследования» (с. 5). Вот почему мысли книги бесполезны для нашей темы:

- «Наука – это поиск истины...» (с. 7). «Справедливо, что методы науки не претендуют сразу на многое. Они начинаются с про-

* Вайскопф В. Физика в двадцатом столетии. М.: Атомиздат, 1977. 272 с.

стых, даже самых обыденных наблюдений». «Все науки... основываются на определенных понятиях. Понятие – это представление, получившее наименование... Понятия более фундаментальны, нежели теории...» (с. 10). «Нередко утверждалось, что понятия и теории в науке – это исключительно творения человека, а не объективная истина. Я думаю, что такая точка зрения неверна, хотя человек, разумеется, играет здесь свою роль. Мне кажется, что наука всё же скорее открывает, чем изобретает...» (с. 12).

- «Подлинную сущность метода понимали далеко не всегда. Научный метод – не столбовая дорога к открытиям, как думал Бэкон. Скорее это совокупность правил...» (с. 14). К очевидным требованиям автор относит «и беспристрастный подход к проблеме, и готовность учитывать все разумные возможности, и готовность преодолеть трудности ради точности... и умение не остаться в плену предубеждений... Выбор в науке столько же важен... Наука, как и все виды искусства, требует воображения» (с. 15). «Научный метод требует множества тщательных экспериментов в самых простых условиях...»; «на ранних стадиях работы опыты носят предварительный характер. Если исследование фундаментально, то оно ведет к формированию понятий, вытекающих из экспериментов, а затем – гипотез, теорий и законов... Разница между тремя терминами: **гипотеза, теория и закон** – в эмоциональной окраске и отражает не столько различия в характере понятий, сколько различия в степени достоверности...» (с. 16). Один общий принцип особенно важен при проведении экспериментов – чистота» (с. 126).

- «Большинство понятий только приблизительны, как, например, понятие светового луча» (с. 19). «**Связь между понятием и реальной действительностью напоминает соотношение между плоской картой и частью земной поверхности**» (с. 20). «Добротные понятия обнаруживают яркую способность вырастать за рамки экспериментов, которые их породили; и, по-моему, именно это сильнее всего может убедить рядового физика в их реальности» (с. 21). Для нашей темы важен вопрос: По отношению к чему световой луч приближителен (другим моделям, световому потоку)? Открываются или изобретаются модели объектов и явлений?

- «Теория – это карта, которая сообщает нам, как выглядит тот или иной кусочек мира. Чтобы ею воспользоваться, вы должны отождествить отметки на карте с явлениями, реально видимыми и осязаемыми. Было время, когда количественная сторона физики переоценивалась. Измерение и последующее использование математики – чрезвычайно мощные средства, но решающие эксперименты носят, по существу, качественный характер» (с. 25).

- «Физик должен не только полуинтуитивно проникать в природу вещей, но и трезво оценивать экспериментальные факты, ко-

торым не всегда следует придавать тот смысл, какой они, казалось бы, имеют на первый взгляд» (с. 44). «И электрические, магнитные силовые линии Джи-Джи (Дж. Дж. Томсон – вставка наша) склонен был считать физической реальностью. **Современные теории рассматривают электромагнитные силовые линии просто как удобное математическое понятие**» (с. 48).

Гениальный физик XX века **А. Эйнштейн** (1879–1955) больше других уделял **внимания методологии познания**. Наиболее яркой и характерной чертой его научного творчества было стремление к обобщению, к построению систем знаний. Определяя методологию научных поисков, он писал **о картине мира**: «Человек стремится каким-то адекватным способом создать себе простую и ясную картину мира; и это не для того, чтобы преодолеть мир, в котором он живет, но и для того, чтобы в известной мере попытаться заменить этот мир созданной им картиной. Этим занимаются художник, поэт, теоретизирующий философ и естествоиспытатель, каждый по-своему. На эту картину и ее оформление человек переносит центр тяжести своей духовной жизни, чтобы в ней обрести покой и уверенность, которые он не может найти в слишком тесном головокружительном круговороте собственной жизни... Высшим долгом физиков является поиск тех общих элементарных законов, из которых... можно получить картину мира» [198, с. 9].

Высочайшее духовное значение методологии научного познания А. Эйнштейна сейчас, несомненно, является предметом прямого освоения в школе. К какой-то отдельной формуле познания свести представления такого великого физика и мыслителя вряд ли возможно, тем более что его взгляды уточнялись и уточнялись...

- А. Эйнштейн глубоко осознал достижения Галилея в **определении метода научного познания и развил их**, постепенно придав им жесткую нормативную форму. В одной из работ он писал: «Открытие, сделанное Галилеем, и применение им методов научного рассуждения были одним из самых важных достижений человеческой мысли, и это отмечает действительное начало физики... Закон инерции нельзя вывести непосредственно из эксперимента, его можно вывести лишь умозрительно – мышлением, связанным с наблюдением» [199, с. 363, 364].

В лекции «О методе теоретической физики» (1933) он выделял две нераздельные компоненты человеческого познания – **опыт и мышление**, утверждал, что «все познание реальности исходит из опыта и возвращается к нему», что понятия и фундаментальные законы есть творения свободного человеческого разума, а творческое начало присуще именно математике (там же, с. 182).

- Эйнштейн ясно формулировал **проблему определения реальности**. В частности, он писал: «Когда физики предпочитают пути, проложенные Ньютоном, то доминирует следующее представление о физической реальности: реальность – это материя; материя испытывает только такие изменения, которые мы воспринимаем, как движение в пространстве. Движение, пространство, время – это реальные формы» [198, с. 255]. Но глубина проблемы приводила к многократному возвращению к ее решению... В том числе обозначались и психологические аспекты: «Тому, кто в этой области что-то открывает, плоды его

воображения кажутся столь необходимыми и естественными, что он считает их не мысленными образами, а заданной реальностью. И ему хотелось бы, чтобы и другие считали их таковыми» [199, с. 181]. (Сейчас такая культурно-психологическая ситуация-проблема распространена в образовании. Так, учителя физики считают материальную точку реальностью...)

- Современное утверждение А. Эйнштейна о том, что «наука является не чем иным, как усовершенствованием повседневного мышления», то есть подчеркивается социальный характер научного познания [199, с. 200]. Сначала для познания «реального» мира вводят первичные понятия «телесных объектов»: с одной стороны, это понятие – плод свободного мышления, с другой – отражение связи с совокупностью устойчивых ощущений (там же). Затем, вторым шагом понятию «телесного объекта» мы придаем реальное существование (действие онтологизации). Смысл этого методологического шага Эйнштейн видел в упорядочении чувственного опыта с помощью таких понятий. Фундаментально важна позиция Эйнштейна о том, что бессмысленны утверждения о реальности мира без познаваемости мира, без учета методологии познания, без знаний о методе познания. Вот почему, в частности, для глубокого освоения материализма необходимо освоение учения о методе.

Ведущее значение теоретических представлений при построении систем физических знаний – достаточно ясная позиция Эйнштейна. Об этом он неоднократно писал, стремясь постепенно найти баланс в отношениях «реальность» и «знания, понятия, истина, теория...». Вот типичные мысли: «Если первоначально теорию мыслили как описание реальных предметов, то в более поздние времена ее рассматривали лишь как «модель» процессов, происходящих в природе. Что же касается новой фазы развития, то квантовая механика привела к частичному отказу даже от представления о модельном характере теории» (там же, С. 167-168).

- Об особенностях процедур **физического мышления** и значении этого для физического познания А. Эйнштейн многократно высказывался, и его позиции и сейчас современны. Выделим наиболее интересные мысли на этот счет:

- 1) «Аристократическая иллюзия о неограниченной проницаемости чистого мышления имеет своего двойника – значительно более плебейскую иллюзию наивного реализма, согласно которому все вещи «существуют» в том виде, в котором их воспринимают наши чувства» [199, с. 249].

- 2) «Однако правильным в кантовской постановке проблемы является, на мой взгляд, следующее: если рассматривать с логической точки зрения, то окажется, что в процессе мышления мы, с некоторым «основанием», используем понятия, не связанные с ощущениями. Я убежден, что на самом деле можно утверждать гораздо большее: все понятия, возникающие в процессе нашего мышления и в наших словесных выражениях, с чисто логической точки зрения являются свободными творениями разума, которые нельзя получить из ощущений» (там же, с. 251).

- 3) «Чтобы мышление не вырождалось в «метафизику» или в пустую болтовню, необходимо лишь прочно связывать достаточное количество суждений в системе понятий с чувственными восприятиями, а система понятий, используемая для упорядочения чувственных восприятий и представления их в обозримом виде, должна быть по возможности единой и экономно построенной» (там же, с. 252).

- 4) «Мне кажется, что переход от свободных ассоциаций или «мечтаний» к мышлению характеризуется той, более или менее доминирующей, ролью, которую играет при этом «понятие». Само по себе не представляется необходимым, чтобы понятие соединялось с символом, действующем на органы чувств и

воспроизводимым (со словом); но если это имеет место, то мысль может быть сообщена другому лицу... Для меня не подлежит сомнению, что наше мышление протекает в основном, минуя символы (слова), и к тому же бессознательно» (там же, с. 261).

5) «Во-первых, мышление само по себе никогда не приводит ни к каким знаниям о внешних объектах. Исходным пунктом всех исследований служит чувственное восприятие. Истинность теоретического мышления достигается исключительно за счет связи его со всей суммой данных чувственного опыта. Во-вторых, все элементарные понятия допускают сведение к пространственно-временным понятиям. Только такие понятия фигурируют в «законах природы»; в этом смысле все научное мышление «геометрично»... В-третьих, пространственно-временные законы полны» (там же, с. 321).

6) «В действительности же «реальное» отнюдь не дано нам непосредственно... Существует только один путь от ощущений к «реальности» – путь мысленного (сознательного или бессознательного) истолкования, который, если рассматривать его в чисто логическом плане, протекает свободно и произвольно» (там же, с. 327-328).

7) «Не существует эмпирического метода без чисто умозрительных понятий и систем, и не существует систем чистого мышления, при более близком изучении которых не обнаруживался бы эмпирический материал, на котором они строятся... Кроме того, экспериментальные методы, которым располагал Галилей, были столь несовершенны, что только с помощью чистого мышления можно было свести их в единое целое» (там же, с. 342).

- «Для применения своего **метода** теоретик в качестве фундамента нуждается в некоторых общих **предположениях, так называемых принципах**, исходя из которых он может вывести следствия. Его деятельность, таким образом разбивается на два этапа. Во-первых, ему необходимо отыскать эти принципы, во-вторых, – развивать вытекающие из этих принципов следствия... До тех пор, пока принципы, могущие служить основой для дедукции, не найдены, отдельные опытные факты теоретику бесполезны» [198, с. 5-6].

- Что же такое, с точки зрения теории познания, есть законы природы? Как же они открываются? Эйнштейн писал: **законами природы являются теоремы**, которые «применяются к чувственным восприятиям, охватывающим первичные понятия» [199, с. 202].

Эйнштейн выделял **два вида законов**. Первые устанавливают внешнюю связь чувственных данных. Вторые, например, ньютоновская теория тяготения, предполагают «существенную упорядоченность объективного мира» (там же, с. 568) Именно они – носители истины.

Довольно ясно А. Эйнштейн писал о том, что главным аргументом для выбора понятия (модели и т. д.) является конечный успех. Здесь под конечным успехом следует понимать результаты предметно-преобразующей практики в широком смысле. В узком смысле это опыт, физический эксперимент.

- **Значение интуиции**, веры в научном творчестве Эйнштейна трудно переоценить. В беседе с великим индийским писателем Рабиндранатом Тагором в 1931 году было высказано несколько важных суждений. Так, Эйнштейн не согласился с мыслью писателя о том, что «Этот мир – мир человека. Научные суждения о нем – представления ученого. Поэтому мир отдельно от нас не существует. Наш мир относителен, его реальность зависит от нашего сознания...», обосновав верой в независимую истину. Он утверждал: «... мы вынуждены **приписывать** (подчеркнуто нами – Ю. С.) используемым нами предметам реальность, не зависящую от человека. Мы делаем это для того, чтобы разумным образом установить взаимосвязь между данными наших органов чувств» [199, с. 130-132].

Но к отношению «реальность – метод познания» Эйнштейн возвращался всю жизнь. В «Эволюции физики» он писал: «Реальность, созданная современной физикой, конечно, далеко ушла от реальности прежних дней... С помощью физических теорий мы пытаемся найти себе путь сквозь лабиринт наблюдаемых фактов, упорядочить и постичь мир наших чувственных восприятий. Мы желаем, чтобы наблюденные факты логически следовали из нашего понятия реальности» [200, с. 264].

Эйнштейн устойчиво верил в то, что можно «построить такую модель реальности... которая выражает сами события, а не только их вероятности» (цит. по Пайс А. (1989, с. 441)*. Это во многом определило его отношение к квантовой механике.

• **Нормативная форма метода научного познания** была сформулирована Эйнштейном в письме к Морису Соловину от 7 мая 1952 г. В методике обучения физике эта форма известна как одно из идейных обоснований принципа цикличности учебного познания, научного метода познания (см. В. Г. Разумовского [129, 140, 152]). Повторим мысли Эйнштейна [199, с. 569-570].

«Схематически эти вопросы я представляю себе так:

(1) Нам даны E – непосредственные данные нашего чувственного опыта.

(2) A – это аксиомы, из которых мы выводим заключения. Психологически A основаны на E . Но никакого логического пути, ведущего от E к A , не существует. Существует лишь интуитивная (психологическая) связь, которая постоянно «возобновляется».

(3) Из аксиом A логически выводятся частные утверждения S , которые могут претендовать на строгость.

(4) Утверждения сопоставляются с E (проверка опытом).

Строго говоря, эта процедура относится к внелогической (интуитивной) сфере, ибо отношение понятий, содержащихся в S , к непосредственным данным чувственного опыта E по своей природе нелогично» (рис. 1.11).



Рис. 1.11. Схема физического познания

• Эйнштейн отмечал, что в познании **понятия (модели) формируются слоями**. И если первые еще связаны с чувственными восприятиями, то понятия второго (третьего...) слоя уже опираются на понятия предшествующего уровня как на факты [199, с. 203]. И хотя они элементарнее и могут глубже описывать реальность, но далеки от опыта. Такая организация современного физического мышления хорошо совпадает с методологической моделью мышления Г. П. Щедровицкого (см. рис. 3.1). На этой схеме дан вариант представления мышления. Видим, что несколько условно «второй» слой познавательной деятельности начинается с работы со знаками. Относительная самостоятельность этой работы как творчества с моделями признавалась Эйнштейном. Принципиально важным является и конечный «выход» на реальность, причем выход не чувственный, а интеллектуальный.

Выделенные мысли дают теоретическое основание для перспективных методических выводов: моделирование,

* Пайс А. Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна. М.: Наука, 1989. 568 с.

как знание и как деятельность, сопровождает научное творчество любого физика; для освоения опыта физического мышления в форме деятельности моделирования это имеет прямое значение.

С. В. Вавилов (1891–1951) сравнительно много внимания уделял общим вопросам физического познания:

- «Всякий физический вывод из опыта и проверяется опытом, поэтому экспериментальный метод в физике совершенно неизбежен и изолированное существование теоретической физики невысказано. Однако, опыт, действительно используемый как научный результат, в свою очередь не имеет никакой ценности, если он не связан с некоторыми теоретическими предпосылками и предположениями» (1956, с. 154).

- «Теоретические методы можно разделить на три группы, которые мы условно назовем методом модельных гипотез, методом принципов и методом математических гипотез. Метод модельных гипотез основывается на наглядных образах и представлениях, возникающих у каждого человека в результате обыденных наблюдений, опыта и привычек... Совершенно иначе построен метод принципов, опирающийся на экстраполяцию некоторых опытных данных, обобщаемых и считаемых принципами... Наиболее отвлечен и оторван от прямой связи с опытом метод математической гипотезы... этот метод основан на широкой экстраполяции математических форм...» (1956, с. 156).

- «Наши знания – это отражения свойств и явлений окружающего внешнего объективного мира, отражения, несовершенные и верные только для определенных масштабов, для человека наиболее существенных» (1977, с. 33); «Таким образом, математика в новой физике приобретает громадное эвристическое, то есть направляющее, значение, которого она не имела раньше...» (там же, с. 36).

- «Ясно, что наука имеет чисто биологическое происхождение, одно из средств для борьбы за существование. Ниоткуда не следует ее абсолютная ценность даже в асимптотическом, предельном смысле. Очень правильно, что ценность науки определяется «критерием практики». Это ограничивает науку биологической, практической ценностью» (Дневники // Новая газета. 2007. № 64. с. 4).

- Рукописные записи **С. И. Вавилова** в тетради «Научные заметки» (8.11.1950): «В современном естествознании, несмотря на его общность, есть, однако, самоограничения. Не берусь перечислить сейчас их все, но вот некоторые:

I. Принимается, что мир однороден, однородны пространственно-временные свойства, однородны элементарные частицы, однородны законы везде и всегда. На опыте это широко оправдывается. Но это не обязательно и должно рассматриваться только как эмпирический постулат.

II. Из I, почти как следствие, вытекает атомизм, тенденция к построению мира, начиная с малого – к большему. Между тем возможно попытаться, как стремился сделать Эйнштейн, идти в обратном направлении от большего к малому, от мира к атомам.

III. ...Сознание не может не быть физическим, то есть влияющим фактором» (цит. по кн.: В. Р. Келлер, 1975, с. 307).

- Из рукописных записей С. И. Вавилова в тетради «Научные заметки» (19.12.1950): «Физика завязла в установившихся понятиях массы, энергии, зарядов, элементарных частиц, сил. Это, конечно, неизбежно, и пришло в физику из практики, но сама та практика настолько сложна, вторична, третична и т. д., что основой для принципов физики служить не может. (Это не так при решении конкретных и технических задач.)» (Там же, с. 309).

Понимание познавательных основ физики приводит к поискам и определению границ применимости знаний. И это немало важно для организации обучения.

Принципиальные позиции **П. Л. Капицы** (1894–1984) по многим вопросам несли нравственный и интеллектуальный заряд для ученых и деятелей образования. Как экспериментатор П. Л. Капица особенно уважительно относился к фактам. В свою очередь приводим актуальные и сейчас **факты-позиции из его опыта осмысления научной деятельности** (см. книгу [56]).

- К вопросам организации индивидуальных и коллективных исследований П. Л. Капица обращался постоянно. Мысли на этот счет актуальны и сейчас: «Как и всякую научную работу, и работу в области физики можно разделить на три части: первая – цель и задачи исследования, вторая – методы достижения этой цели и третья – полученные результаты и их значение. Что касается второй части – методов, то в области физики они представляют большой интерес для исследователя и часто в них залог успеха» (с. 16).

- П. Л. Капицу интересовало отношение ученого к предсказаниям своей теории: так Дирак не верил в реальное существование позитрона, а Фридман – в реальное изменение радиуса кривизны нашего мира... Но такая практика познания воспринималась им как нормальный этап исследования (с. 209 и др.).

- «Движение вперед нашего познания природы происходит тогда, когда между теорией и опытом возникают противоречия... Чем крупнее эти противоречия, тем фундаментальнее перестройка тех законов, которыми мы объясняем процессы, происходящие в природе... в науке, на определенном этапе развития новых фундаментальных представлений, эрудиция не является той основной чертой, которая позволяет ученому решать задачу, тут главное – воображение, конкретное мышление и в основном смелость» (220-221).

«Ни в одной области физики не было сделано столько грубейших ошибок и ложных открытий, как при обработке статистических данных, полученных в результате ядерных столкновений... Резерфорд хорошо знал, какая опасность таится в необъективности интерпретации экспериментальных данных, имеющих статистический характер, когда ученому хочется получить желаемый результат» (с. 224).

- «Поэтому успех решения ряда проблем определяется расширением наших методических возможностей. В основном успех тут определяется изобретением новых методов наблюдения... методов теоретических и математи-

ческих обобщений научного опыта... Большие методические изобретения, так же как и научные открытия, могут привести к созданию целой научной области...» (с. 267-268).

• «Однако, несмотря на то, что все механические свойства металлов сейчас хорошо и быстро измеряются, количественной теории... пока нет, хотя природа сил между атомами хорошо известна. Математическая задача столь сложна, что даже не может быть сформулирована. Поэтому основной путь искания здесь – эмпиризм. Но нетрудно показать, что даже эмпиризм не может полностью решить эту задачу» (с. 268-269). Далее Капица отмечает, что для описания всех сплавов известных 100 элементов из трех элементов потребуется миллион страниц. И далее вывод: «Таким образом, эмпирический метод имеет свои естественные пределы». Но факт, что есть практические решения для удачных сплавов даже из четырех элементов. И далее: «Если есть интуиция, значит, есть и закономерность. Задача науки – выявить эти закономерности, но метод решения таких сложных проблем до сих пор не найден...» (с. 269).

В. Л. Гинзбург (1916–2009): Мысли о фундаментальных основах.

Лауреат Нобелевской премии, академик В. Гинзбург занимался разными проблемами современной физики, астрофизики и космологии. Широта интересов выражалась и во внимании к проблемам физического познания.

• В мыслях по разному поводу В. Гинзбург выделяет и подчеркивает свои особые роли в познании как теории, так и опыта. «Является ли скорость света предельной скоростью распространения сигналов? Ответить на который может только опыт, априорно его решить нельзя...» [25, с. 105]. Точно также базируются на экспериментах ответы на вопросы: Является ли пространство евклидовым? Стационарна ли Вселенная? Заметим, что сами вопросы ставит теория.

• «Мы имеем в виду глубокую асимметрию, существующую в отношении опровержения теории и ее подтверждения... любое несоответствие между выводами из фундаментальной теории и опытом... опровергает теорию... Напротив, согласие того или иного предсказания теории с опытом еще отнюдь не доказывает, что именно данная теория справедлива» (с. 158). И далее: «Лучшим доказательством здесь является практика...» (с. 159).

Мысли физика о методе

• «Схема научного познания выглядит так: эксперимент, правдоподобные предположения, гипотезы, теория – эксперимент – уточнение, проверка границ применимости теории, возникновение парадоксов, интуиция, озарение – скачок – новые гипотезы и новая теория – и снова эксперимент...» (с. 38)

• «Научный метод, в основе которого лежит объективность, воспроизводимость, открытость новому – великое завоевание человеческого разума» (с. 38)

• «Наука не только устанавливает границы возможного, но и безжалостно отделяет догадки, пусть даже правдоподобные, от доказанных утверждений» (с.12).

• «Единственный убедительный способ установить истину – поставить научный эксперимент, то есть эксперимент, проведенный специалистами, дающий повторяющиеся результаты» (с. 16)

• Инструменты познания: принципы физики, отбор научных фактов, построение моделей, учет вероятности и точности...

А. Б. Мигдал (1983)

Экспериментальную проверку ОТО В. Л. Гинзбург сводит к проверке основ теории и проверке следствий (там же, с. 162). Он писал: «Когда же проверка той или иной фундаментальной теории особенно актуальна? Во-первых, это имеет место, когда теория только появляется... Во-вторых, проверка теории становится необходимой при появлении противоречий... В-третьих, проверка теории привлекает особое внимание, если появляется возможность принципиально новых опытов...» (там же, с. 172).

- «Помимо логических аргументов, экспериментальных данных и теоретического анализа, каждый физик руководствуется также своей интуицией, верит в тот или иной характер развития исследований... Именно, глубокая простота и стройность, а также вся предшествующая история развития общей теории относительности, позволяют думать (или, если угодно, верить), что эта теория строго справедлива... С этой точки зрения черные дыры, безусловно, могут существовать...» (там же, с. 185). В этой статье 1979 года автор предсказывает экспериментальное открытие черной дыры, а сейчас это уже факт.

«В фундаменте научного мировоззрения лежит, с одной стороны, признание существования материи и истины (объективной реальности вне нашего сознания; не нужно бояться формулировок из диамата, если они правильны). С другой стороны, лежит признание того, что эту истину можно познать только путем наблюдений и опытов. Привлекать же соображения и понятия, которые противоречат опыту, реальности, нельзя» (Новая газета. – 2007. – № 64).

- *О границах научных знаний.* Из текста и контекста статей ясно следует вывод о границах применимости научных знаний. Важными для обучения физике сейчас являются мысли: «Мы имеем лишь один «экземпляр» Вселенной и не можем над ним экспериментировать» [27, с. 111]; «Согласно наиболее распространенному в настоящее время мнению (которого автор придерживался всегда и ранее) наличие «истинных» сингулярностей несомненно свидетельствует о границах применимости ОТО...» (там же, с. 175).

Весьма интересно суждение: «все математические результаты, физические теории и все остальные продукты деятельности мозга – это в конечном счете какое-то отражение если не окружающего мира, то работы самого мозга, обусловленное и одновременно ограниченное его материальной сущностью» (там же, с. 141).

«Тот факт, что физики не спешат отказаться от фундаментальных физических теорий и как-то их обобщать или изменять до установления вполне надежным образом противоречий между этими теориями им опытом или наблюдениями, отнюдь не должно считаться консерватизмом» [27, с. 309].

- *О развитии знаний.* «Важные научные достижения и открытия появляются, как правило, не на ровном месте. Кто-то другой, иногда даже многие уже думали о том же самом, может быть, находились вблизи цели, но чего-то не хватило, что-то было недопонято, не оценено. Кто в этом виноват? Во-первых, исключительно велика игра случая... И, во-вторых, непонимание самим автором важности полученного или почти полученного им результата является лучшим доказательством того, что и сам-то результат был найден полуслучайно...» [26, с. 221].

«В частности, в настоящее время, как во все последние десятилетия, уже просто невозможно найти сколько-нибудь информированного физика, который не видел бы неполноты и незамкнутости современной фундаментальной теории... у физиков нет никаких сомнений в том, что и сегодня, как и в начале века, в физике остро нужна «новая физика» – нужны новые идеи и представления, а также соответствующий им математический формализм для того, чтобы ответить на нерешенные вопросы и устранить все известные трудности, на сме-

ну которым, вряд ли в этом можно сомневаться, придут новые затруднения» [25, с. 294].

«Априори отрицать стационарную модель (Вселенной – вставка наша – Ю. С.) нельзя, против ее проверки на основе наблюдений также нельзя возражать. Но недоверие к такой модели представляется вполне естественным, как и ко все гипотезам, основанным на принципе: «Разрешено все, что не опровергнуто». Вполне ясно, что такой принцип нельзя сколько-нибудь строго и убедительно отвергнуть. Но если его принять, то развитие науки станет почти невозможным, ибо оно происходит только с использованием экстраполяции, гигантской по своим масштабам» (там же, с. 302).

В. Л. Гинзбург был твердо и аргументировано уверен: «связь, и притом положительная, между занятием наукой и воспитанием нравственных качеств все же существует...» [25, с. 142]. ***Это можно интерпретировать как идею-гипотезу о необходимости и продуктивности построения методических моделей.***

* *
* *

Обобщения о модельном характере физического познания. С опорой на работу В. С. Степина «Теоретическое познание» (2000) и под углом зрения нашей цели выделим наиболее принципиальные **аспекты моделирования** как познавательной деятельности.

- **Цели и ценности научного познания.** Выделяют следующие особенности научного познания: выработка наукой своего языка, экспериментальный контроль за получаемым научным знанием, в науке вне метода не выделить «изучаемого объекта из многочисленных связей и отношений предметов природы» (с. 49); в науке признаны «самоценность истины и ценность научной новизны» (там же, с. 51). К познавательным идеалам (целям, нормам) науки относят: отличие научного знания от ненаучного, рост научного знания, стиль мышления, выраженный в физике в принципах наблюдаемости, соответствия, инвариантности, дополнительности... (с. 244 и др.).

- **Идеальные объекты теоретического познания.** В развитой физической теории теоретические знания существуют в единстве, между ними выделяются структурные и содержательные отношения. Именно в рамках этих отношений проявляются особенности физического мышления. Таким образом, в структуре учебных систем знаний «зашифровано» (предметизировано) физическое мышление, которое для успешного усвоения нуждается в адекватной деятельности («распаковке»), в том числе в прямом использовании моделей как формы описаний.

- **Идеальные объекты науки** – эмпирические и теоретические объекты. «Эмпирические объекты представляют собой абстракции, фиксирующие признаки реальных предметов опыта. Они являются определенными схематизациями фрагментов реального мира» (с. 104). Теоретические объекты, в отличие от эмпирических, являются идеализациями, «логическими конструкциями действительности». Они могут быть наделены... признаками, которыми не обладает ни один такой объект. Теоретические объекты образуют смысл таких терминов, как «точка», «идеальный газ», «абсолютно черное тело» и т. д.» (с. 104).

- Теоретический язык строится относительно теоретических объектов (конструктов, абстрактных объектов). «Так, все теоретические высказывания классической механики непосредственно характеризуют связи, свойства и отношения идеализированных конструктов, 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» (с. 105).

- Только некоторые термины теории имеют операциональный смысл. И формулировки теоретических законов относятся к абстрактным объектам – это методологический принцип (с. 111).

- Из идеальных теоретических объектов строятся теоретические схемы, фундаментальная теоретическая схема является идеальной моделью изучаемых процессов (с. 114, 122). Уравнения не имеют физической интерпретации, ее имеет теоретическая схема (116). «Фундаментальные уравнения теории приобретают физический смысл и статус физических законов благодаря отображению на теоретическую схему» (с. 136).

- «В развитой науке теоретические схемы вначале строятся как гипотетические модели»; «Большинство теоретических схем науки конструируются не за счет прямой схематизации опыта, а методом трансляции уже созданных абстрактных объектов» (с. 314, 315). Теоретические схемы «являются идеализированной моделью изучаемых в теории взаимодействий» (с. 178). С нашей точки зрения, концепция физических взаимодействий В. В. Мултановского абсолютно точно соответствует такому пониманию (1977, с. 141 и др.).

- **Экспериментальное познание.**

- **Объекты исследования.** Протокольные данные наблюдений не относятся к эмпирическим фактам (с. 145). К эмпирическим фактам относятся высказывания типа «сила тока в цепи зависит от сопротивления проводника» и т. п. (с. 146). При формировании эмпирического факта важен поиск и учет инвариантов (с. 157).

- «В реальной практике необходимые свойства объектов выделяются самим характером оперирования с ними» (с. 150). «Объекты оперирования, по определению, не тождественны «естественным» фрагментам природы» (с. 154). «Чтобы получить эмпирический факт, необходимо осуществить, по меньшей мере, два типа операций. Во-первых, рациональную обработку данных наблюдения и поиск в них устойчивого, инвариантного содержания... Во-вторых, для установления факта нужно истолковать выявленное в наблюдениях инвариантное содержание» (с. 156, 157).

- Для «установления факта нужны теории, а они, как известно, должны проверяться фактами» (с. 158). Проблема решается использованием ранее построенных, то есть на других фактах, теоретических знаний. Между теоретическими схемами и знаниями реальных экспериментов расположены эмпирические схемы, некие модельные представления, которые позволяют понять результаты опыта. Например, теоретическая схема механики – это перемещение

материальной точки под действием сил; эмпирическая схема – это движение одного тела под действием другого тела при абстрагировании от других факторов.

- **Измерения физических величин.** «Величины, которые фигурируют в теории и связаны с опытом, имеют два смысла – эмпирический и теоретический. Их теоретический смысл соответствует признакам и корреляциям абстрактных объектов теории, а их эмпирический смысл – корреляциям эмпирических объектов, отображенных на реальные предметы экспериментально-измерительных ситуаций» (с. 173).

- «Оказывается, рецепты связи физических величин теории с опытом – это описание не реальных, а идеализированных измерительных ситуаций, которые соответствуют реальным ситуациям эксперимента и измерения» (с. 175). В понимании этих отношения вклад Галилея трудно переоценить.

Физические картины мира. За последние двадцать лет понимание роли картин мира в познании и обучении существенно выросло. Специальные картины мира играют роль онтологии, то есть задают реальность или позволяют «видеть» реальность (с. 304). Картина мира а) направляет наблюдения и эксперименты (с. 298), б) генерирует первичные гипотезы (с. 301), в) может задать программу эмпирического поиска (с. 302), в том числе при разных альтернативах (с. 307), г) задает образ-конструкт реальности в целом или в части (с. 217 и др.)*, д) регулирует через принципы симметрии, инвариантности, дополненности и т. п. научный поиск, научное мышление, то есть постановку научных задач и средств их решения (с. 327). Но в методике обучения физике ФКМ – это модель, хотя надо точнее – модельное образование.

С нашей точки зрения, в обучении весьма важно освоить следующее различие: «Абстрактные объекты теоретических схем и конструкты картины мира – это разные типы идеальных объектов. Если относительно первых формулируются законы, то относительно вторых – принципы. Абстрактные объекты теоретических схем представляют собой идеализации, и их нетождественность действительности очевидна, тогда как конструкты картины мира, также будучи идеализациями, онтологизируются, отождествляются с действительностью» (с. 221-222). Например: абсолютное пространство-время – это конструкт механической картины мира (некая реальность), а система отсчета – её модель.

В целом картина мира функционально для познания является **фундаментальной моделью природы.**

* Реальность задается системой онтологических принципов, типа «все тела состоят из частиц»... (В. С. Степин, 2000, с. 219).

* *
*

Реальность моделей и моделирования в физическом образовании есть: есть через знания о моделях, есть через процессы деятельности использования моделей...^{*} Но пока эта реальность существует неэффективно: не сложилось систем знаний о моделях по учебным теориям; в методиках нет различения деятельности со знаниями от деятельности с явлениями; не сложились традиции в интерпретации тех или иных модельных представлений; медленно нарабатываются методические приемы деятельности с моделями; сама теоретическая методика трудно переходит на «модельный язык».

^{*} М. Мамардашвили писал: «Явление – это уже нечто контролируемо воспроизводимое и повторяемое в универсальных и однородных условиях. Повторяемое неограниченно и массово. Кант называет это эмпирическим опытом и говорит об этом в терминах воспроизводства опыта. Материалом науки являются массово размноженные и массово воспроизведённые явления – воспроизведённые с добавкой усиления трансцендентального сознания. На место явлений мира поставлены их сознательные контролируемые эквиваленты. Например, эксперимент есть один из способов такого контроля...» [93, с. 299].

Глава II. Основы теории построения и использования моделей в методике обучения физике

Человек видит мир через символы, порождаемые его
воображением. И мы все время ищем все новые и
новые символы для понимания Мира.
И сама наука есть не более чем символическое
отражение Мира.
*В. В. Налимов**

Линия моделирования
вместе с линией экспериментирования
образует, на мой взгляд, ядро науки.
*Г. П. Щедровицкий***

Конечно, в методике обучения физике есть свои знаки, свои знания, свои фетиши, свои легенды, своя история. Как и в обычной жизни, эта сложная и многокомпонентная область деятельности имеет всё. Но модели в этом ряду занимают особое и принципиальное место. А в явном виде они представлены слабо, пока дают слабый эффект, но главное – ими «не думают». Вот почему о них и речь.

2.1. Вопросы методологии моделирования образовательных процессов

В методике обучения физике как науке фундаментальной категорией является методическая модель. Чего? Образовательной деятельности. Выделим основные **виды методических моделей**:

- Модели процессов (механизма) образовательной деятельности.

* Налимов В. В. Спонтанность сознания. М.: Прометей, 1989. С. 255.

** Щедровицкий Г. П. Философия. Наука. Методология. М.: Школа культурной политики, 1997. С. 496.

- Модели содержания (принципы отбора, конструирования «опыта рода» из систем знаний) физического образования.
- Системы норм знаний моделей и деятельности моделирования.
- Модели дидактического исследования.

Стратегическим для обучения является воспроизводство познавательной деятельности ученика, студента, учителя, ученого. Важно понять и принять, что это невозможно в одиночестве, абстрактно индивидуально (см. нашу статью с К. А. Кохановым [158]). Например, опыт научно-методической деятельности, во-первых, воспроизводится через механизмы функционирования научных школ, в том числе в процессах научного общения (конференции, семинары, рецензии и др.), во-вторых, через системы учебной и научной работы в вузах и институтах повышения квалификации. Такие процессы фундаментальны для развития физического образования, они пронизывают все образовательные дела. Ниже на методологическом уровне рассматривается основание для построения методических моделей физического образования.

В методике обучения физике как науки мало работ, посвященных моделям, моделированию учебного процесса. Исключением можно считать исследования И. И. Нурминского [115] и Р. В. Майера [85, 86; см. полное его сайт], хотя за этим будущее в развитии нашей науки.

Функционирование и развитие. Хотя внимание развитию образовательных систем большое, все же более глобальным (по функциям, распространенности процессов, устойчивости результатов и др.) является их функционирование. Оно в первую очередь понятно и обеспечивается ресурсами.

Очень многое в образовательной (коллективной или индивидуальной) деятельности определяется моментом времени, в котором мы волею судеб оказываемся. Это фундаментальное условие-реальность оказывает решающее влияние на мотивацию деятельности, на отбор и освоение знаний, на ведущие познавательные и иные процессы, на мето-

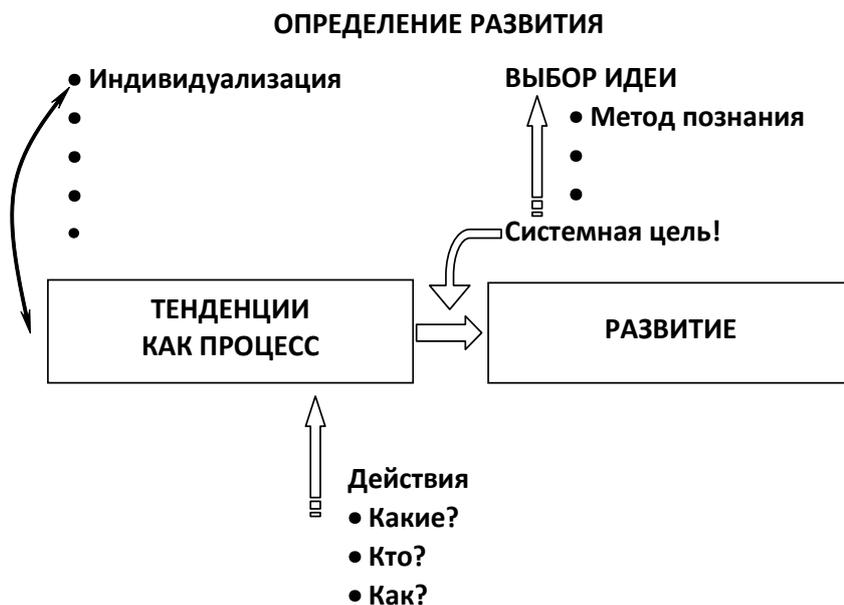


Рис. 2.1

дологическое видение мира, на востребованные временем черты личности и другое. Каждая историческая эпоха отбирает и «видит» по-своему факты, а тем более ставит задачи и отбирает методы – реальность (от фактов до теорий) приходит к нам из культуры. Отсюда в обучении механизм социальных эстафет в развитии (М. А. Розов, 2004, [120, с. 227 и др.]) трудно переоценить. **На этой интеллектуальной платформе можно понять сегодняшний интерес к моделям и моделированию. Расшифруем это основание.**

Будущее можно определить по-разному: формально логически как место на стреле времени; как проект (совокупность действий) по производству новообразований (в смысле В. В. Давыдова) или как развитие. Целевое образовательное действие по содержанию всегда приводит к норме. Получается, что без целесообразной (!) нормы нет развития. Так строились все наиболее значимые программы в образовании, например реформа физического образования 60-х годов.

Будущее образования зависит от многих культурных и социальных аргументов-ресурсов. Но фундаментально важно, что будущее строится, т.е. рукотворно. Для осознанной и целенаправленной деятельности необходимо иметь методологические ориентировки. Кроме понятийного уровня изложения ниже заданы схематизмы-модели, которые позволяют «видеть» под их углом зрения нашу образовательную действительность (см. работы Г. П. Щедровицкого).

Итак, тенденции развития физического образования рассматриваются как социокультурный процесс. Они настолько глобальны, что интерпретируются именно как естественный процесс (индивидуализации, гуманитаризации, профессионализации, развитие творческих способностей и др.). Тогда развитие представляет собой изменение под какую-то цель в результате направленного действия на эти процессы (рис. 2.1). Например, в методике обучения физике исторически эффективным (удачным) является проект-действие на развитие творческих способностей с помощью усвоения метода научного познания В. Г. Разумовский и др.). Давление на практику этим действием (теперь это уже исторически видно) приводило к развитию системы обучения физике. Сейчас актуальной становится организация творческой деятельности школьников.

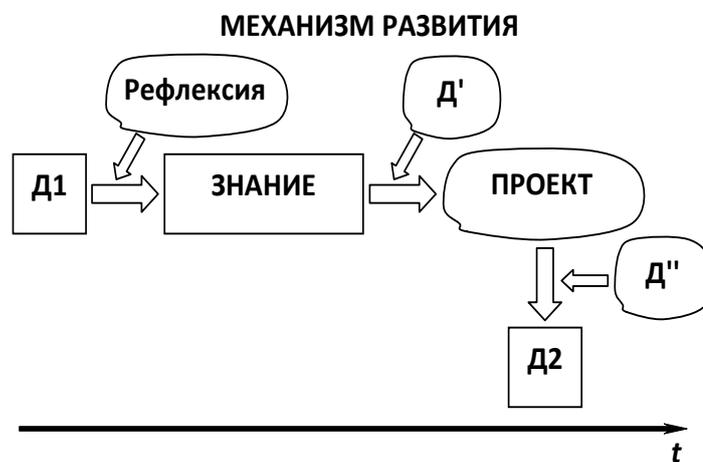


Рис. 2.2

Будущее (т. е. в нашем смысле развитие) может быть представлено как проект, как деятельность по построению новой деятельности, а отсюда – новых знаний, т. е. процесс построения будущего понимается как процесс производства и использования знаний. В настоящее время понимание развития как просто трансляции старого опыта во времени – непродуктивно.

Общее видение механизма развития представлено на схеме (рис. 2.2). От известной деятельности Д1 переход к новой деятельности Д2 идет через рефлексивную деятельность, знания, деятельность по построению проекта, деятельность по реализации этого проекта до построения норм новой деятельности Д2. Здесь проект понимается как основной инструмент построения новой деятельности Д2, которая должна быть усвоена сейчас, а востребована в будущем (Г. И. Щукина, 1986). Важно, чтобы актуальность этой новой деятельности была понятна сейчас. Приведем пример из практики. В системе подготовки учителей физики в Глазовском госпединституте развернуто производство построения и исследования новых объектов ноосферы как раз с целью освоения студентами такого «опыта рода» как метод познания и преобразования действительности (Ю. А. Сауров, 2009). Следует признать, что в обществе это всегда воспроизводилось, правда, чаще было элитарно востребовано, но только сейчас это стало массовой потребностью. И будущее именно за этим. Не случайно именно по этому поводу Э. В. Ильенков занимал жесткую позицию: «Каждый, кто хочет учить мыслить, должен уметь мыслить сам» (1968, с. 210.).

Развитие всегда управляемо. В системах средств управления «на вершине» расположена методология. Она дает общее видение и смыслы деятельности.

Итак, целевое, например, действие по содержанию и дидактической функции приводит к построению нормы. В обучении нормативные требования задают основу содержания образования. Сейчас существует позитивная тенденция задать

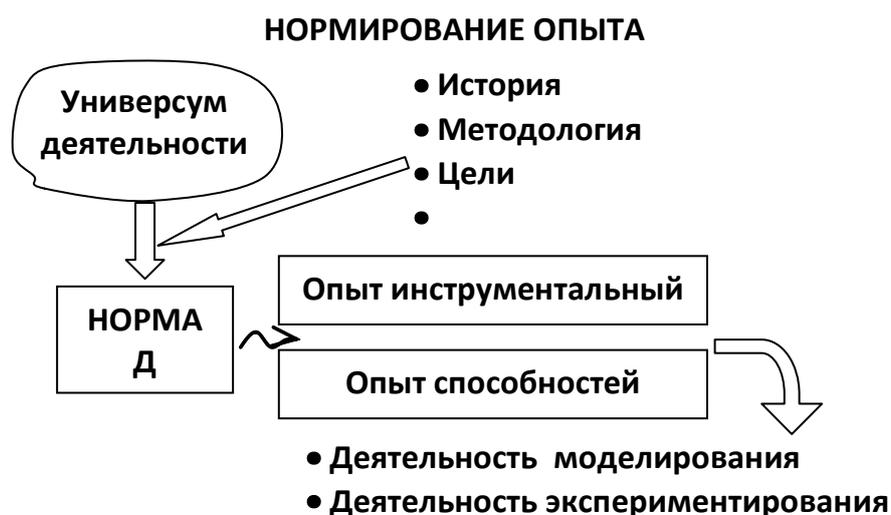


Рис. 2.3

эти нормы на языке деятельности. Поэтому, например, растет значение учителя как носителя в своей деятельности норм мышления,

мировоззрения, коммуникации, понимания, рефлексии и др. То есть носителя таких фундаментальных для человека норм, которые трудно формализуются, а отсюда трудно диагностируются текстами, заданиями и т. п.

Хорошо заданные нормы эффективно определяют развитие. Вспомним программу развития В. В. Давыдова через формирование учебной деятельности, которая формулировалась (задавалась на разных носителях) как норма. В методике физики известна программа формирования теоретического мышления через задание структур физических обобщений, знаний (В. В. Мултановский и др.). Под этим углом зрения можно конструктивно для обучения физике увидеть, что социально нет внутренних источников психического развития субъекта, есть внешний источник – норма (деятельности, потребности, общения и т. п.). Наверное, так и должен интерпретироваться известный механизм присвоения опыта из «интерпсихического в интрапсихическое» (Л. С. Выготский и др.).

Трудно переоценить значение задачи построения норм. На схеме (рис. 2.3) в сути показан этот процесс. Кроме методологии, инструментами построения нормы может быть конкретный опыт в разных формах, в том числе индивидуальный опыт. Если инструментальный опыт должен быть понят и освоен, то опыт способностей должен быть принят и усвоен, развивая способности школьника (Г. П. Щедровицкий). При обучении физике, с нашей точки зрения, ядром опыта по усвоению деятельности, обеспечивающего формирование способностей,

являются **нормы деятельности моделирования** и деятельности экспериментирования. Работы по заданию этих норм для массовой школы ещё непечатый край. Но в нашем опыте уже долгие годы по этим направлениям идет поиск эффективных решений [65, 67–71, 100–105, 150–159].

Сейчас продуктивными и востребованными проектами являются все проек-



Рис. 2.4

ты по развитию творчества при экспериментировании и моделировании. В этой деятельности заключены громадные ресурсы развития физического образования на всех уровнях. Принципиально важно, что эти деятельности несут не только профессиональные знания и умения высокой пробы, но и общекультурные интеллектуальные достижения духа. Логика познания присваивается именно в этих процессах. Именно она определяет способности, именно она устойчива и перспективна, личностно и социально значима. Не случайно настойчивое стремление задать такое решение в новом учебнике (В. Г. Разумовский, В. А. Орлов и др.).

Методология как ресурс. Методология, вскрывая природу воспроизводства деятельности, выступает в образовании как ведущая норма-ресурс, причем фиксирует наиболее универсальную коллективную норму деятельности. В метасистеме физического образования для разных элементов (рис. 2.4) свои методологические ориентировки: в науке – методы исследования, методы производства знаний, в практике – методы учения и преподавания, в системах вузовского обучения – методы трансляции опыта... Область подготовки и переподготовки учителей может получить неожиданную интерпретацию как форма нормативного действия. Учитель – основной и системный носитель норм, через него и с помощью него осуществляется процесс трансляции «опыта рода». Не случайно опытные руководители всегда ищут умных учителей... Это самый быстрый и эффективный способ трансляции и развития опыта деятельности.

Практика обучения действует фактом на науку, на практику подготовки носителей норм (люди, оборудование, вещи). Но сам факт – сложное образование, он «отягощен» целью, методом, в целом опытом. Высшим уровнем развития и представления факта является теоретический факт, идеализация, модель, закономерность. В образовании постоянно ощущается «голод» как на эмпирические, так и на теоретические факты. Для всех элементов системы факт необходим и вносит свой вклад в целостность образовательной деятельности.

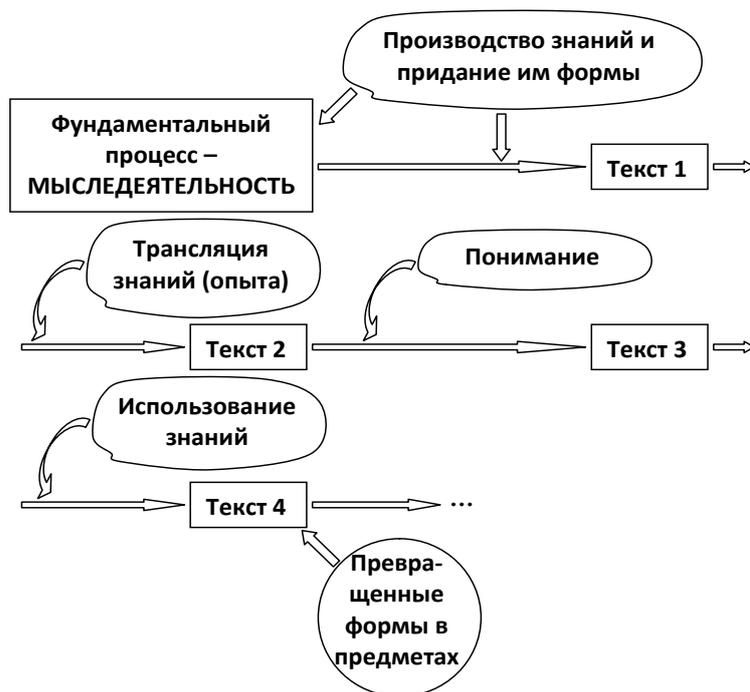


Рис. 2.5

Сам процесс трансляции опыта от одного носителя к другому может быть представлен схемой (рис. 2.5). Опыт представлен (или получает) в форме текста. А далее текст через различную деятельность передается, причем при этом он, очевидно, трансформируется под действием опыта субъекта, внешних искажений и т. п. На всех этапах трансляции опыта существуют механизмы компенсации, коррекции. Заметим, это все процессы носят коллективный (по целям, знаниям и т. д.) характер. В целом система приобретает довольно «ветвистый» вид. Фундаментальная мыследеятельность (по Г. П. Щедровицкому) понимается как целостная единица универсума деятельности, внутри которой и происходит производство знаний, текста. Конечно, здесь текст понимается в самом широком смысле, как опыт, знак, смысл. В итоге текст довольно типично в нашей культуре получает материальную форму, форму предметов. В стуле или машине «запакована» определенная деятельность, т. е. текст. И тогда текст воспринимается как «деятельностная» модель реальных объектов. И умение «увидеть» в действительности такие модели – важная компетенция современного человека. Для современного познания важен процесс «распаковки смыслов» окружающих вещей, чтобы пойти дальше в познании и преобразовании мира.

Развитие и саморазвитие. Саморазвитие, с одной стороны, должно рассматриваться как частный случай развития, с другой стороны, как высший уровень (форма) проявления развития (В. И. Андреев, 2003). По-видимому, этот процесс характерен не для всех субъектов образования. Одно из существенных ограничений:

это только рефлектирующие системы. Модель-схема процесса саморазвития (рис. 2.6) конкретизирует и дополняет представления о нормировании деятельности субъекта образования (рис. 2.7). Ключевым процессом, необходимым для формирования действия, здесь является рефлексивный выход, формирование позиционера «второго Я» или «внутреннего собеседника» (по В. С. Библеру). При его целенаправленной «работе» как раз и строится

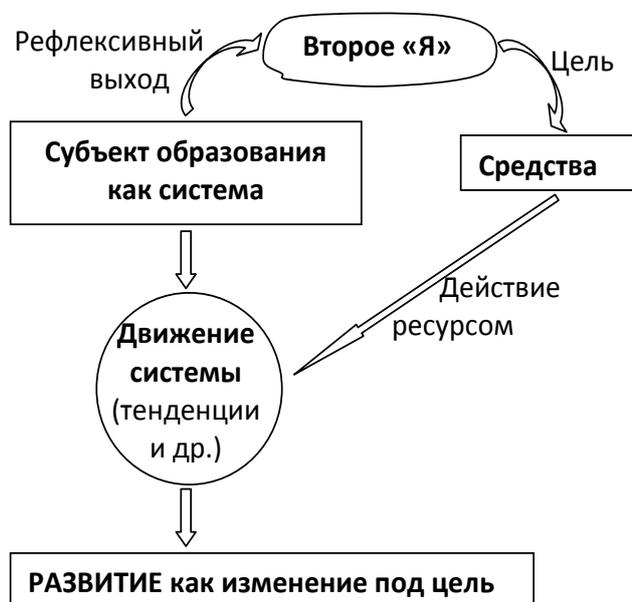


Рис. 2.6

конструктивное действие на тенденции (свойства) движения системы (субъект образования). Но даже здесь виден коллективный характер образовательных процессов. В итоге с помощью модели-схемы выделяется и понимается феномен саморазвития.

Отношение к самому себе как к внешней системе, при этом понимание тенденций движения, выделение целей и эффективное построение интеллектуальных действий – весьма сложная, требующая трудной духовной деятельности работа субъекта образования, в функции объекта саморазвития. Но без этого нет саморазвития. Принципиально важно, что, во-первых, развитие нормируемо, во-вторых, саморазвитие тоже нормировано извне и, конечно, изнутри. Отсюда – задачи построения этих норм, создания условий для их реализации (Н. А. Низовских, 2007).



Рис. 2.7

Деятели для развития образования являются учителя, методисты, педагоги. Они в главном в широком объеме несут опыт культурный, но несут и опыт социализации. Нормы культуры дополняются творчеством в ситуации деятельности. И тут нет предела вариантам. Не случайно М. Мамардашвили писал: «В отличие от математического времени, которое гомогенно и непрерывно, жизненное время разделено, и никакой следующий момент не вытекает из предыдущего» [94, с. 390].

Сейчас уже не только осознана потребность, но и найдены возможности формулирования норм творчества (В. И. Андреев, В. Г. Разумовский, В. В. Майер и др.). Но в любом случае главным и системообразующим фактором развития образования является живая деятельность Учителя. Такого учителя надо формировать, любить, уважать и помогать. Это наш ресурс.

Коллективная и индивидуальная деятельность. Под влиянием идеологии индивидуализма (через политику, экономическую практику и др.) деятельность стала пониматься и выражаться только как индивидуальная деятельность. На самом деле деятельность в познании и обучении должна быть нормирована как кооперативная, а значит, коллективная деятельность (В. В. Мултановский, 1977, с. 9-17). И на этой основе должна быть построена и теория, и практика обучения. Несомненно, в образовательных процессах основополагающей и фундаментальной является коллективная деятельность, а индивидуальная деятельность на этом фоне понимается как крайняя форма, вырожденное состояние, как личный результат, способность, продукт. Дело не просто в том, что только в массовой школе необходима организация коллективной деятельности. Дело в том, что в принципе, формально при индивидуальном обучении, например, в случае обучения на дому, все равно основой, стержнем является коллективная образовательная деятельность. Отсюда, например, формальное дистанционное обучение (только по форме!) всегда ущербно, но в определённых рамках – современно.

Конечный результат присвоения знаний и деятельности – индивидуален. Так, например, понимается мышление субъекта образования. Фактически на это всегда обращается внимание психологов. Но сам механизм, процессы присвоения не могут быть индивидуальными, во-первых, потому что они историчны, во-вторых, «опыт рода» формулируется и задается, а отсюда и присваивается в коллективных процессах. Не случайно есть инварианты мышления, например, логика, нормы физического мышления. Значит, проблема в том, как эффективно организовать коллективную образовательную деятельность, чтобы индивидуальный продукт был бы качественным. И осваивался бы качественно в массовом образовании.

Зачем задается различие коллективного и индивидуального процессов? Как представить их взаимосвязь, согласованность? Как

понимается в этих рамках личностно-центрированное обучение? – вот ключевые вопросы для рассмотрения ниже. Но в целом проблема гораздо фундаментальнее. Г. П. Щедровицкий писал: «Главная проблема времени – это вопрос о том, как сохраниться индивидуальности, личности человека, в условиях включенности человека в организацию» (2005, с. 425). Действительно это острая проблема и трудовой, и научной, и образовательной деятельности. Вот и модель – личность в организации.

Фундаментальным основанием для определения отношения коллективной и индивидуальной деятельности является смысл и значение трудовой деятельности. Можно согласиться с утверждением, что «труд, трудовая деятельность подрастающих поколений является основным видом деятельности в онтогенезе» (Г. И. Щукина, 1986, с. 33). Но современная трудовая деятельность – это кооперированная деятельность, с разделением и согласованием ролей, коллективная по сути. Все остальные виды деятельности (познавательная, речевая, учебная, интеллектуальная, игровая, общественная, художественная деятельность...) – частные формы проявления или функционально вырожденные состояния трудовой деятельности. Их выделение вызвано задачами специализации деятельности в практике. Но очевидно, что целостность человека обеспечивается таким системообразующим фактором как трудовая деятельность. Не случайно именно с ней связывают становление личности, именно за ней стоят производственные отношения, а за ними – политическая деятельность.

Ключом для понимания взаимоотношения между коллективной и индивидуальной деятельностью являются, на наш взгляд, особенности процедур воспроизводства деятельности, её образованностей. Глубоко принципиальна следующая позиция: «Мы представляем мышление как индивидуальный процесс, потому что у нас принята такая форма нормирования мыслительной работы, нормирования и воспроизведения» (Г. П. Щедровицкий, 2005, с. 346). Но это в полной степени относится и к моделированию.

Важно понять, что такая нормировка мышления (и других качеств) вызвана практикой воспроизводства, тиражирования этих качеств, прежде всего в системах образования. Но таким образом могут транслироваться не все качества. По определению так нельзя воспроизводить целостную деятельность (учебную деятельность). В целом индивидуализация деятельности происходит в результате развития структур деятельности, разделения и специализации труда. Регламенты (исторически в форме конвейера) способствуют эффективности деятельности, позволяют организовать технологии обучения. Но в реальности (в ситуации разнообразия) деятельность не реализуется как жестко нормированная, отсюда возникает необходимость взаимодополнения, согласования деятельности, в ито-

ге – коллективной деятельности. Производство, в целом жизнь каждодневно требуют индивидуальной, а отсюда и коллективной, кооперированной деятельности. Отсюда и особенности «игры» в модели.

Для обучения получается: коллективная по природе деятельность препарируется (нормируется) для индивидуального усвоения как норма. Так технологично. И индивидуальное развитие, прежде всего, обеспечивается при освоении всеобщих универсальных норм деятельности, мышления, рефлексии. Но их экстерииоризация в социуме (полноценная распаковка смыслов) должна приводит к целостной (коллективной) деятельности. Такая распаковка обеспечивается особенными средствами образования: классно-урочной формой организации учебного процесса, коллективным решением задач, совместным выполнением лабораторных работ, проектов и др. В настоящее время повышение КПД образовательных систем возможно только в случае организации полноценной кооперации и коммуникации деятельности.

Фундаментальный характер коллективной деятельности хорошо представлен в следующей содержательной абстракции – единице коммуникации: учитель производит текст, а через коммуникацию ученик получает и понимает текст; учитель действует как социотехник на школьников, между ними в условиях взаимодействия при кооперации производится какой-то продукт (рис. 2.8).

Г. П. Щедровицкий придавал принципиальное значение такой структуре отношений (2005, с. 693 и др.). **И такая схема, несомненно, – модель.**

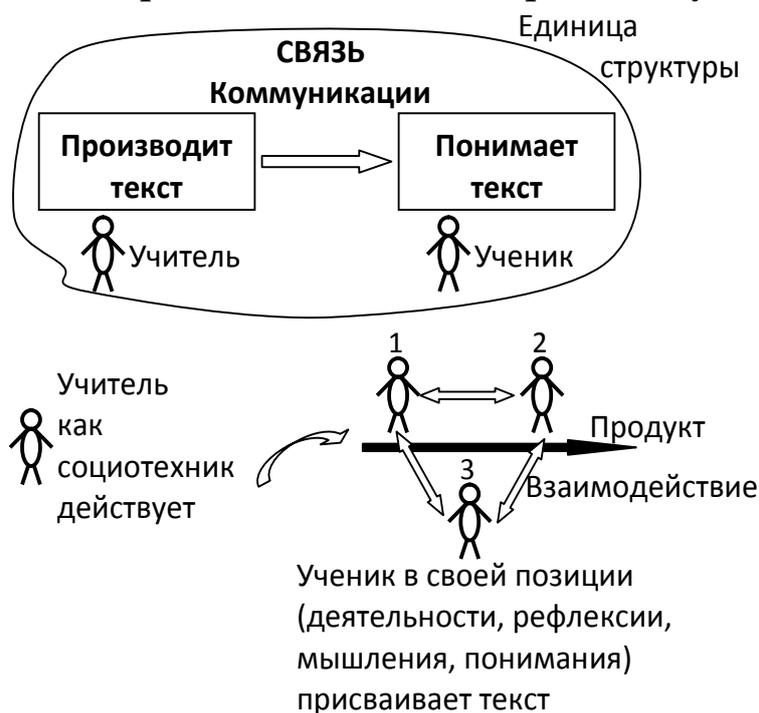


Рис.2.8

Фундаментальная категория учебной деятельности (В. В. Давыдов и др.) в обучении, несомненно, несет «опыт рода», т. е. коллективный (культурный, инвариантный) опыт. И через эту категорию содержание образования так и понимается. Как коллективный понимается и учебный процесс, процесс усвоения опыта деятельности. Важным аргументом в подтверждении такого видения процесса являются логико-психологические исследования

В. В. Рубцова (1987) о роли совместной деятельности в обучении. Приведем здесь ряд принципиальных положений:

- Концепция Л. С. Выготского о психическом развитии «через социальное к индивидуальному» приводит к теории совместной деятельности как детерминанты интеллектуального и личностного развития ребенка (1987, с. 9).

- Не только сотрудничество взрослого и ребенка, но и «совместное, коллективно-распределенное действие» являются основой учебно-познавательной деятельности (там же, с. 11).

- Раскрытие связей между различными действиями с объектом (а значит знаниями об объекте) обеспечивается распределением и обменом способов деятельности между участниками деятельности (там же, с. 33).

- «Среди средств, обеспечивающих осуществление совместной деятельности... являются коммуникация... рефлексия» (там же, с. 33).

- Знаковые схемы-модели организации деятельности являются средством для «коллективно-распределенного действия» при изучении объекта (там же, с. 34). Процесс «построения совместного действия даже на начальных этапах его организации существенно отличается от формирования индивидуального действия» (там же, с. 93).

- «Специально организованное совместное действие, опирающееся на распределение индивидуальных операций и обмен ими, является основой возникновения учебно-познавательной деятельности у детей» (там же, с. 104). При этом эффективным средством организации является использование знаково-символических моделей и схем.

- В ситуации коллективной деятельности активно формируется рефлексия, а кооперация является источником умственного развития (там же, с. 119, 152).

- Новой формой обучения «лежит овладение детьми новой системой отношений со взрослым и между собой» (там же, с. 152).

Итак, **заключение**. 1. Взгляд с точки зрения методологии на образовательные процессы убеждает в возможности и эффективности построения методических моделей для всех фундаментальных процессов. 2. По-видимому, для сложных (многокомпонентных, иерархизированных) образовательных процессов необходимо использование так называемой **модели-конфигуратора** (см. примеры выше и ниже). При познании образовательного объекта (явления) мы получаем разные знания, каждое из которых ограничено задаёт объект (его проекцию, или предмет). Целостное же представление объекта (действительность) возможно только при определенных условиях и процедурах синтеза знаний. Такое знаниевое построение

ние, которое даёт некое структурное изображение объекта, получило особое название модель-конфигуратор (Г. П. Щедровицкий, 2005, с. 772 и др.; Э. Г. Юдин, 1997, с. 129 и др.)^{*}.

Важно заметить, что такое моделирование в дидактике физики в явном виде встречается, конечно, только в диссертациях, но и то в несовершенном или в не функциональном виде. А специалисты считают, что в предмете обучения должны учитываться психологическое развитие ученика, проблемы целей обучения и воспитания, содержание обучения, роли учителя, мотивы и др. Трудно, что объяснимо, осваивается отношение к такому комплексу знаний «физика + дидактика + методика + психология» как к схеме-модели; и в целом «структурная модель строится на основе существующих предметов исследования данного объекта и является по отношению к ним своеобразным «метапредметом», охватывающим объект в целом» (Э. Г. Юдин, 1997, с. 130).

2.2. Проблема определения реальности в дидактике физики

Следует признать, что задание и исследование реальности физического образования – фундаментальный ресурс его совершенствования. Отсюда и видение проблем. Важность эмпирического задания реальности (см. главу 1) не закрывает всю принципиальную важность и сложность теоретического выделения и исследования этой проблемы. И тут без моделей делать нечего.

Постановка научно-педагогической проблемы. Для массового обучения совершенствование практики образования сильно зависит от качественной разработки норм разного вида, от простых и репродуктивных до методологических. Почти очевидно, что нормы по функциям можно отнести и к описаниям, и к средствам формирования. В последнем случае ответственность нормы весьма значительна: она во многом определяет «видение мира», формирует (или деформирует) человека, меняет деятельность реальность, а отсюда во многом и материальную реальность. И в описании реальности значение исходных норм велико. Но главное в процессах описания идет поиск и формулирование норм. Мысль тут прямая и простая: стратегически все изменения реальности долж-

^{*} Г. П. Щедровицкий писал: «... нужны ещё процедуры соотнесения друг с другом всех создаваемых моделей и объединения их в одну общую модель... Каждая конструкция-модель определяется и задаётся процедурой измерения, а измерение предполагает натуральный объект... не один человек сам по себе производит последовательность конструкций-моделей, а человек вместе с природой» (1997, с.339,340).

ны исходить из представлений о реальности, т. е. основываться на материалистической парадигме. В ней реальность первична, описания – вторичны. А сами представления-описания получаются в ходе исследований и выступают в разных формах: онтологической картинке объектов и явлений, характеристик свойств, причинных или функциональных зависимостей и др. Полнота, научная корректность этих знаний-представлений – необходимое условие для построения эффективных и современных норм педагогической деятельности. Тут у нас ещё много проблем, мало ясных (научно осмысленных) фактов, а тем более закономерностей.

Уже отсюда очевидно, что для развития практики педагогического образования растет потребность в науке. И, прежде всего, остро востребованными оказываются инструментальные знания (методы). Это такая конкретность, которая «единство во многообразии». Понятно, что перспективные прикладные решения в методике в свою очередь сильно зависят от внутреннего развития науки (структура, методология исследований и др.). При этом основным мотиватором для методистов и учителей является понимание (объектов, явлений, описаний, целей, действий...). Только на этой основе растет творчество. Образовательная реальность рефлексивно (на языке понятий и моделей) задаётся в методологии методики обучения физике, структурно разрабатываемой в науковедении [150]. И здесь модельные представления в разных функциях, в том числе ориентировок деятельности, незаменимы. Их типизация рациональна по следующим **наукоедческим областям образовательной деятельности** (а отсюда особенные системы методических знаний, методических моделей):

- **Структурное и содержательное развитие методики как науки и учебного предмета.** История идей. Согласование положений дидактики, методики, методологии, психологии... Дидактические теории по видам учебной деятельности (решение задач, экспериментирование, моделирование...)

- **Выделение и совершенствование системы категорий, понятий, принципов, моделей (в целом описаний) методики.** Выделение и признание фундаментальных качеств субъектов при обучении физике: понимание, рефлексия, коммуникация, мышление, предметная деятельность, где ключевые виды – моделирование и экспериментирование. Три типа деятельностей (и типа знаний): методологическая деятельность, деятельность с реальными объектами и явлениями, деятельность со знанием.

- **Построение «банка» методических решений нового поколения для обучения физике ближайшего будущего** (нормы учебной деятельности: мышления, рефлексии, познавательных процедур...). ФГОС обращает наше внимание на формирование метакомпетенций. Их можно отнести к методологическим

ориентировкам деятельности (И. П. Калошина, 1983; И. И. Ильясов, 1986; Н. Г. Салмина, 1981, 1988), с точки зрения методики речь идет о формировании устойчивых, широких, современных (востребованных) умений действовать.

По всем этим направлениям необходимы точные знания, выверенные теорией и опытом (конкуренцией) нормы деятельности. Так многолетние экспериментальные исследования знаний школьников и студентов убеждают в многочисленных и устойчивых недостатках их подготовки, которые по природе имеют методологический характер. Выделим типичные проблемы: а) различение объектов природы и техники от объектов науки, языков описаний; б) выполнение норм познавательной деятельности при решении задач и проблем (знание факта путается со знанием модели и т. п.); в) определение и понимание статуса разных знаний – факт, определение, гипотеза, следствие, г) умения строить и использовать модели объектов и явлений, д) не просто выполнение опытов, а экспериментирование с объектом, предметом, идеей и др. (см. подробнее (В. Г. Разумовский, 2012; В. Б. Губин, 2005)). Без развития методики-науки практике самостоятельно не справиться с этими проблемами.

Основные идеи методологии описания и исследования методической образовательной реальности. Повторим, речь идёт о задании рамки (моделей!) видения реальности.

1. **Прежде всего, для рационального исследования реальности необходимо научиться (договориться) различать реальность от описаний.** Проблема различения реальности и описаний вырастает внутри проблемы описаний. Реальность в познании идет от культуры за описаниями в деятельности. Повторим, только на определённом этапе часть описаний получает статус реальности; это особый этап познавательной (интеллектуальной) деятельности – онтологизация, овеществление (А. В. Ахутин, 1976, 2012; В. С. Стёпин, 2000; Г. П. Щедровицкий, 2004 и др.). В целом любая наука определяет и реальность, и описания; в методике эти процессы идут особенно трудно... В дидактике физики и реальность, и описания нормируются, получается нормируемая реальность. Практикой трансляции это закрепляется через привычку как общепризнанный факт. Но в методических приёмах обычно логика меняется, оборачивается, спрямляется – «реальность – описания». Так закладывается норма исследования в предметной деятельности «факты – проблема, гипотеза, модель – следствия – эксперимент как социальный опыт» (В. Г. Разумовский, 1975).

Реальность и описания задаются и реализуются в обучении через систему понятий, значит, надо различать по функциям и статусу используемые понятия. Это, в частности, касается как содержания курса физики, так и понятий дидактики физики. Однако во многих случаях дидактических исследований так и остается не яс-

ным, какое методическое явление изучается; а о проблемах измерений во многих случаях трудно даже говорить. Хотя давно признано, что материализм – великая идея и принцип познания, но в познании в каждом конкретном случае доказательство материальности не одномоментное (и далеко не очевидное) действие. Процессуально это обеспечивается онтологизацией опыта, при этом значение метода ведущее. И исследованиям (в частности, измерениям, а затем и описаниям) здесь принадлежит немаловажная роль.

В качестве аргумента остроты проблемы описаний приведем позицию физика и методолога В. Б. Губина: «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» (2005, с. 9, 13). Если в физическом познании это так, то тем ярче и сложнее это так в дидактике физики.

Выделение (чувственное, знаковое) образовательной реальности более-менее продуктивно осуществляется в деятельности студентов в ходе дидактического исследования процессов на практике и дидактического проектирования методических решений. Последнее понимается как мысленное и практическое экспериментирование с реальностью (значит, исследование!), например, в ходе изготовления прибора, макета, коллективной деятельности школьников и т.п. Здесь измерение не физическое, а дидактическое, где нередко эталон для измерения – опыт эксперта. Не случайно живым делом оказывается подготовка и написание студентами и магистрантами научно-методических статей*. Вот как идейно была обозначена эта работа в 2015 г.: «Нормы коллективной учебной деятельности не только должны быть корректно (методологически, физически, дидактически) заданы в содержании, но и эффективно заданы процессуально по формам организации и совместной (разделенной по ролям и объединенной целью) деятельности субъектов образования. В совместной деятельности студента и преподавателя (магистра и научного руководителя) идет интеллектуальный поиск эффективных методических решений, которые могут претендовать на роль норм деятельности. А в реальном обсуждении методических идей, например на конференции, происходит в той или иной форме выработка нужных решений. Именно в этих процессах эффективно идет передача опыта деятельности для будущей деятельности в жизни. Так строится современный образованный человек. Мы тако-

* Успешным оказался опыт подготовки и издания сб. статей «Познание процессов обучения физике» (Киров, 1999–2015. Вып. 1–16).

вы потому, что нам повезло получить опыт учителей (от родителей до профессоров), мы таковы потому, что мы участвуем (хорошо или плохо) в деятельности многих людей. И то, и другое надо понимать и уважать». По-видимому, реальности нет без экспериментирования с реальностью... А это невозможно без ясного и последовательного введения и использования методических моделей обучения.

2. Почти очевидно, что **основной** (наверное, и единственной, если так трактовать объекты) **реальностью в образовании (и методике как науке) является деятельность** (или некое обобщение – мыследеятельность).

С давних времен на основе согласия в дидактике физики существует ряд понятий, которые определяют (задают) её объективный мир. В исследованиях они представлены объектами исследования, фактически по норме так и должно быть. (Заметим в скобках, что объектом исследования может быть любой предмет!) Приведем в расположении по рейтингу примеры задания объектов из 39 докторских диссертаций по методике обучения физике за пятнадцать лет: а) *процесс обучения* (20), образовательный процесс и процесс обучения физике (1), вариативное обучение (1), процесс преподавания (1), б) *процесс воспитания*, формирования личности учащегося (2), в) *процесс формирования* у учащихся физических знаний, понятий (2), процесс изучения теории относительности (1), работа с одаренными учащимися (1), г) *процесс информатизации* (1), д) *подготовка будущего учителя* (2), система подготовки учителя (1), дидактика межпредметных связей (1), е) *содержание* естественнонаучного образования (1), теории учебно-методических комплексов (1), взаимосвязь науки и культуры как характерная черта... (1), содержание и методы физического образования (1), ж) интеллектуальное испытание (1).

Итак, в подавляющем большинстве случаев объектом является процесс обучения. С точки зрения нашей задачи, определение и дифференциация объекта исследования явно несовершенные. Очевидно, в дидактике физики не проведено специальной методологической работы по построению объектов, в итоге нет задания такой нормы, отсюда нет трактовки процесса как деятельности и др. Но самое главное, что нет ни в одном случае выделения таких фундаментальных, с нашей точки зрения, объектов исследования, как деятельность, учебная деятельность, деятельность преподавания, учение, преподавание, познавательная деятельность, исследовательская деятельность, творческая деятельность, деятельность со знаками, моделирование, экспериментирование, речевая деятельность, рефлексивная деятельность, деятельность по организации и управлению (познанием, творчеством, решением задач и т. п.), коммуникативная деятельность при изучении физики, сотворчество, методическая деятельность (учителей, школьников), освоение знаний и умений (методологических, экспериментальных и др.) как деятельность, негативные процессы при обучении физике. Налицо проблема выделения образовательной реальности. И выяснение отношения «объект – предмет» здесь немаловажно. Но это не только

теоретическая работа. Для продуктивности обязательно предварительно и параллельно должна идти экспериментальная работа по выделению объекта, его идентификации. Важно разделить по функциям диагностику тех или иных качеств на практике и исследование качеств. В последнем случае объект (качество) ставится в различные и критические состояния и фиксируется уровень освоения опыта. Именно в таком процессе идет поиск новых норм деятельности, определяются проблемы усвоения знаний. Итак, без моделей не увидеть реальности. А без экспериментального исследования не построить адекватной модели. На стреле познания необходимость цикличности построения и использований моделей очевидна.

3. Признано, что **все описания – одинаково идеальные по природе образования**, т. е. все они вторичные образования деятельности, но разные по формам и функциям. Так возникает проблема отношений между понятиями. Например, между такими: физические величины, принципы, модели, идеализированные объекты, механизмы, теоретические конструкты и др. И вот уже на практике возникают вопросы: в чём различие таких понятий как «вещь», «тело», «объект», «предмет», «модель», «система»?

На языке процессов учебная деятельность (как понятие, задающее реальность) разделяется а) по содержанию на моделирование и экспериментирование, б) по методу – теоретическую и экспериментальную, в) по смыслу – материальную и идеальную. И всё это тоже виды реальности, которые дифференцируются через описания. По форме процесса и результатам усвоения учебную деятельность можно различать по задаче и уровню освоения – творческая и репродуктивная, по объектам – с физическими явлениями и с физическими знаниями, по процедурам организации – коллективная и индивидуальная... Обозначенные содержательные и процессуальные аспекты учебной деятельности прямо и полностью реализуются при экспериментировании и моделировании. Экспериментирование доминирующим образом задается как деятельность с реальными объектами и явлениями, моделирование – как деятельность со знанием, знаковыми моделями.

Исследование этой реальности заключается, с одной стороны, в определении её свойств и их характеристик, с другой стороны, в измерении (фиксации) этих характеристик, с третьей стороны, в воспроизводстве её на основе характеристик (описаний). Эти функциональные задачи исследования всегда помогают отработке (выбраковке) четких норм, конкретизации содержания, а отсюда и методики. Заметим, что это всё модельные образования. Нечего и говорить, как радикально при этом может измениться практика образовательной деятельности.

4. **Итак, перед нами практическая** (и, конечно, теоретическая) **проблема** различения сначала деятельности с предме-

тами-реальностями, а затем деятельности с предметами-описаниями. Принципиально важно, что в обучении всё начинается с коммуникации, в которой передается (задается) некий познавательный опыт, впервые и сначала в довольно абстрактном виде (идея, цель, предметная область, метод и др.). И только затем (полноценно или нет) развертывается деятельность экспериментирования, причем параллельно в двух смыслах – экспериментирование над идеями, понятиями, моделями, экспериментирование над известными (всегда «не очень») объектами природы и техники. И в целом это и есть экспериментирование с объектами – в единстве материального и духовного! – ноосферы (по В. В. Майеру). Этот этап работы многоаспектный, трудоемкий, разнообразный по видам деятельности. Его логика развертывания «от абстрактного к конкретному», что дает и метод, и результат работы метода – объект, явление и т.п. Объект в итоге задается а) знаниями, как результатом действия метода, процедур и др., б) от знаний «идущими» свойствами, например, за измерениями и функциональными связями идут причинно-следственные отношения и явления, в) практическим опытом (привычкой!) включения объекта в жизнедеятельность кооперированного человека. Так происходит «научение» глаза и ума «видеть» объект. Но если познавательная задача меняется, т. е. метод и время меняются, то объект в познании может потерять материальную форму и стать просто знанием, моделью, историей... Так задается работа с объектами. Их различие определяет и различие характера исследования. Но в любом случае исследование всегда конкретное действие, всегда творческое, всегда продуктивное. И когда здесь продуктивно выделять модели?

В массовой практике обучения многотрудно задание и воспроизводство названных различий в учебных текстах и в методических текстах, в конкретных действиях. Наиболее прямым (универсальным) решением является формулирование культурной нормы, практики. Это может быть научное знание, нормы деятельности, нормы оценивания, регламенты или технологии деятельности. При этом, например, решаются следующие проблемы: а) на практике не преодолено разделение причинно-следственной и функциональной связи: реально плотность постоянная характеристика, т. е. не зависит от массы и объема, хотя через них выражается; б) силой нельзя изменить движение тела, а действием можно, т.е. нельзя совмещать мир реальности с миром описаний; в) невозможно дышать идеальным газом, взять в руки массу и т.п.

Существенной для практики является трактовка моделирования как экспериментирования с идеальными образованиями, т.е. с описаниями (А. В. Ахутин, 1976, 2012). При этом всегда следует помнить, что только исследование приносит знание в прямом смысле. Слова-определения – это знания только для тиражирования в обу-

чении, слова-дела, т.е. процедуры и результаты исследования, задают в прямом смысле знания. Это и есть, по сути, духовное производство. На практике мы всё равно не можем увидеть (узнать!) всего богатства реальности, т. е. наша деятельность «на деле» всегда деятельность с моделями. Это остро обозначается при рефлексии.

5. **И для теории, и для практики весьма важной является** рефлексия недостатков исследований (описаний реальности, т. е. деятельности). Эта работа в образовании должна опираться на результаты дидактического экспериментирования в реальности обучения: диагностируется освоение элементов знаний как эмпирически фиксируемых проявлений деятельности, на выборке определяется уровень усвоения, делается анализ и интерпретация результатов и др. Фиксируются и осознаются как недостатки метода (приема), так и результаты исследования (модели).

В целом различие реальности и описания становится острой проблемой как для практики обучения, так и теории дидактики физики. Пока можно констатировать, что деятельностная парадигма плохо и непоследовательно реализуется в дидактике физики. Вторым, объектом методики обучения являются не природные в естественнонаучном смысле объекты – она занимается конструируемой (деятельностной) реальностью. И это единственная сложная человеческая реальность. При этом не удивительно, что деятельность со знаками тоже может интерпретироваться как реальность.

Методологически важно принять, что необходимую для человеческой практики суть явлений в эмпирическом познании не получить, но и широкое распространение модельных описаний не должно приводить к их отождествлению с реальностью. Отсюда и особенности проектирования и планирования «игры» (исследований) в модели и эксперименты.

2.3. Особенности использования моделей в системе физического образования

Постановка научно-методической проблемы. Ключевой проблемой современной методики обучения физике является различие и согласование деятельностей с реальными физическими объектами и явлениями и их знаковыми представлениями (моделями) как при конструировании содержания образования, так и при организации процессов обучения. С позиции нашей дидактической гипотезы выделим основные аспекты этой проблемы.

Первый аспект. Реальность и описания задаются и реализуются в обучении через систему понятий. Отсюда необходимость в различении по функциям и статусу используемых понятий. Это ка-

сается как физических понятий, так и понятий дидактики физики. Например, во многих законченных дидактических исследованиях так и остается не ясным, какое методическое явление изучалось; не выдерживает критики измерительная практика. Хотя давно признано, что материализм – необходимый научный принцип познания, но в познании в каждом конкретном случае доказательство материальности действие обязательное, но не одномоментное (и не всегда очевидное), процессуально обеспечивается онтологизацией опыта при ведущей роли метода.

Второй аспект. Понятно, что все описания – одинаково идеальные по природе и вторичные образования деятельности, хотя разные по формам и функциям. Отсюда возникает проблема отношений между понятиями: физическими величинами, принципами, моделями, идеализированными объектами, механизмами, теоретическими конструктами и др. Например, в чём различие понятий «газ – идеальный газ – реальный газ»? На каком этапе этого интеллектуального движения происходит переход от реальности к описаниям?

Третий аспект – различие деятельности с предметами реальности и предметами-описаниями. Принципиально важно, что в обучении всё начинается с коммуникации, в которой передается (задается) некий познавательный опыт, при этом сначала в довольно абстрактном виде (идея, цель, предметная область, метод и др.). И только затем (полноценно или нет) разворачивается в деятельности экспериментирования, причем параллельно в двух смыслах – а) экспериментировании над идеями, понятиями, моделями, б) экспериментировании над известными (всегда «не очень» известными) объектами природы и техники. И в целом – это экспериментирование с объектами ноосферы в единстве материального и духовного! Этот этап работы многоаспектный, трудоемкий, разнообразный по видам деятельности. Повторим, его логика – разворачивание содержания, деятельности «от абстрактного к конкретному». В результате задается и метод, и результат метода – объекты, явления и т. п. Объект в итоге представлен а) знаниями, как результатом действия метода, процедур и др., б) от знаний «идущими» свойствами; например, причинно-следственными отношениями и явлениями, возникающими за измерениями, в) практическим опытом включения объекта в жизнедеятельность кооперированного человека. Именно в таком виде глаз и ум «видят» объект, в такой логике происходит их науче-

Мысль

С точки зрения концепции моделей необходимо жестко разделить объекты реальности и объекты описаний в деятельности и знаниях на всех этапах (уровнях) физического образования...

ние «видеть». Но если познавательная задача меняется, т. е. меняются метод и время, то объект в познании может потерять материальную форму и стать просто знанием, моделью, историей...

Четвертый аспект. Особой задачей является задание выделенных различий в учебных и методических текстах, организуемой деятельности. Наиболее прямым решением является явное формулирование соответствующих норм, их встраивание (трудное, но необходимое) в практику.

Пятый аспект. Проблема фиксации и рефлексии недостатков как сложившихся (традиционных), так и новых описаний. Для этого необходимы методики диагностики знаний и умений моделирования, измерения, анализ данных. Только в дидактическом эксперименте могут быть получены знания о реальностях освоения моделирования.

2. Деятельность моделирования как фундаментальная учебная деятельность. Для практика важно знать функции модели как наглядного представления, механизма явления, языка описания, представления объекта в некоей знаковой форме. Но подход к освоению моделей (к учению) через деятельность моделирования шире, чем просто через их использование.

В этой связи принципиально важно раскрыть отношение моделирования и фундаментальных познавательных процессов – восприятия, понимания, мышления, рефлексии, коммуникации. Именно в этих отношениях раскрываются ключевые образовательные роли моделирования.

Рассмотрим острый вопрос об **отношении модели и чувственного образа**. Чувственный образ – субъективное образование, в котором фиксируется в большей степени внешняя форма; он более динамичен, чем модель, труднее передаваем в трансляции; чувственный образ богаче модели, но суть вещей в нем не вскрыта и в знаках не зафиксирована (В. В. Мултановский, 1977; Ю. А. Сауров; 2008, К. А. Коханов и Ю. А. Сауров, 2013).

А при познании явлений, в том числе и при построении моделей, нет простого созерцания. В. Б. Губин пишет: «Реальность в отражении упрощается, усредняется, обобщается. При этом ... некоторое изменение (в ограниченных пределах) состояния среды может не менять ощущения. Другими словами, имеет место относительная устойчивость ощущений...» (2003, с. 119). Очевидно, что, вне зависимости методов исследования, этот фактор всегда присутствует и в принципе является одной из форм проявления активности субъекта в познании. Подобное отношение фиксирует и В. В. Налимов, уточняя причины особенного освоения культуры (моделей) каждым субъектом: «Реально существующие люди обладают своими индивидуальными, т.е. вероятностно заданными фильтрами пропускания» (1998, с. 20).

Повторим, 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 тоже следует ведущая роль моделей, знаков (культуры) при познании, при обучении, при трудовой деятельности.

Ключевым для обучения является отношение моделирования и функционирования 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» (там же, 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, распродметизацию, 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 относительно завершенная 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 Кулона – только для взаимодействия точечных зарядов.

3. Опыт и проблемы диагностики моделирования. Диагностирование сформированности деятельности моделирования в первом приближении будет через результаты освоения знаний и умений. То есть необходимо выделение соответствующих норм знаний и умений. В литературе накоплен определенный опыт, но он разрознен и не очень согласован, конкретного материала мало, он не технологичен для использования. Вот почему предлагаем тест из нашей практики диагностики. Ориентир на поэлементный анализ делает его инструментальным. А различие фактов измерений и норм позволяют отличать реальность от описаний, в идеале на этом различии «видеть» закономерности.

Тест для диагностики усвоения знаний о моделях и действиях моделирования при изучении темы «Световые явления» (8 класс) имеет структуру, верные ответы подчеркнуты (исследование выполнено с К. А. Кохановым).

I. Общие знания о моделях объектов и физических явлений

1. Как называется объект природы, из которого ученые при изучении выделяют одно или несколько свойств?

А. Физический объект. Б. Математический объект. В. Физическая модель. Г. Материя. Д. Нет верного ответа.

2. Как называется объект науки, в который преобразуют объект изучения для формулировки закона, построения теории?

А. Природный объект. Б. Физический объект. В. Модель. Г. Материя. Д. Нет верного ответа.

3. Моделью чего является световой луч?

А. Источника света. Б. Светового пучка. В. Линии распространения светового пучка. Г. Света от точечного источника. Д. Нет верного ответа.

4. Верно ли, что тонкой линзы в природе не существует?

А. Нет. Б. Да, так как ее очень сложно изготовить. В. Да, так как любая линза проявляет помимо свойств линзы другие свойства. Г. Да, так как это модель. Д. Нет верного ответа.

5. Каково основное свойство плоского зеркала?

А. Гладкая поверхность. Б. Практическое полное отражение света. В. Нерассеянное отражение светового пучка. Г. Отражение параллельных световых лучей под одним углом. Д. Нет верного ответа.

II. Моделирование объектов и явлений

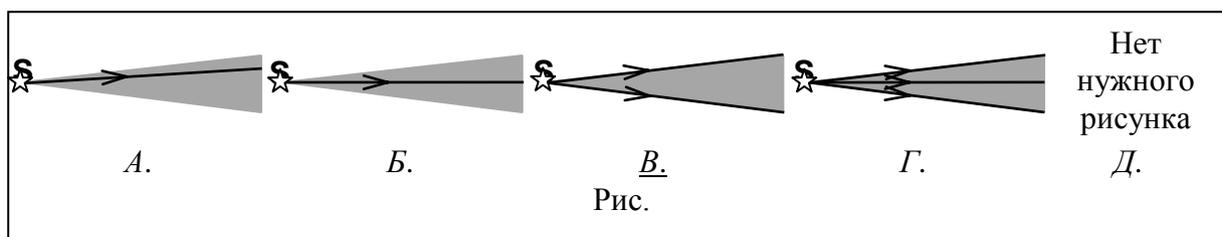
6. Верно ли, что до выполнения опыта по проверке справедливости закона необходимо построить (выбрать) модель рассматриваемого объекта или явления?

А. Да. Б. Иногда «да», иногда «нет». В. Нет, так как опыт проводится с объектами природы. Г. Нет, с моделями опыты не проводят. Д. Нет верного ответа.

7. Что в науке понимается под моделированием?

А. Изготовление уменьшенной копии реального объекта или явления. Б. Выделение в природном объекте или явлении важных для изучения свойств. Г. Описание объекта и явления на языке науки. Д. Нет верного ответа.

8. На каком рисунке лучи позволяют достаточно полно показать распространение светового пучка?



9. Что общего с физической точки зрения между глазом и фотоаппаратом?

А. Одинаковое строение. Б. Одинаковая модель, позволяющая описать формирование изображения. В. Одинаковый принцип действия. Г. Нет ничего общего. Д. Нет верного ответа.

10. Какие модели необходимо использовать для изучения построения изображения в глазах?

А. Тонкая линза, плоское зеркало, световой луч. Б. Тонкая линза, точечный источник света, световой луч. В. Линза, световой пучок, точечный источник света. Г. Хрусталик, световой луч, источник света. Д. Нет верного ответа.

III. Применение моделей для объяснения явлений

11. В каком случае верно указана причина образования полутени от двух точечных источников света?

А. Попадание световых лучей от одного источника света в область, в которую не попадают лучи от другого источника. Б. Искривление световых лучей. В. Расширение световых лучей от каждого источника. Г. Влияние световых лучей от одного источника на лучи от другого. Д. Нет верного ответа.

12. В каком случае правильно указана причина увеличения или уменьшения предметов линзой?

А. Линза увеличивает или уменьшает ширину световых лучей. Б. Линза изменяет число выходящих световых лучей по сравнению с числом входящих. В. Линза изменяет направление распространения световых лучей. Г. Линза приближает или удаляет источник света. Д. Нет верного ответа.

IV. Границы применимости моделей

13. Какой из перечисленных источников света можно использовать для получения резкой тени от вашей руки?

А. Размерами менее 1 мм. Б. Размерами более 1 мм. В. Лампу от карманного фонарика. Г. Любой из перечисленных, при условии, что его размеры во много раз меньше расстояния до руки. Д. Нет верного ответа.

14. Верно ли, что уменьшая радиусы кривизны линзы можно добиться исчезновения побочных оптических явлений в линзе?

А. Да. Б. Нет, можно добиться исчезновения только некоторых явлений В. Нет, можно добиться сильного ослабления некоторых из них. Г. Нет, при уменьшении радиуса кривизны никакие побочные явления не усиливаются и не ослабевают. Д. Нет верного ответа.

15. В каком случае все перечисленные физические явления могут быть объяснены только законами геометрической оптики?

А. Изображение в зеркале; изображение слайда на экране от проектора; ухудшение видимости ночной дороги после дождя.

Б. Изображение на сетчатке глаза; окрашивание света при прохождении через цветные очки; эффект излома стержня на границе раздела двух сред «вода-воздух».

В. Изображение окна на экране, даваемое линзой; блеск снега в солнечный день; отражение от листьев деревьев света зеленого цвета

Г. Преимущественно круглая форма солнечного зайчика; увеличение размера мелких предметов с помощью лупы; образование цветowych узоров в мыльной пленке.

Д. Нет верного варианта ответа.

Результаты тестирования учащихся 8 классов (215 человек) и 11 классов (180 человек) представлены в следующей таблице [70, с. 175].

Таблица 2.1

№	Выявляемые знания и умения	8 класс	11 класс
		%	%
1	Умеют определять, какой источник света моделируется точечным	33	47
2	Имеют представления о модельном характере знаний: знают, что луч – модель пучка	17	44
3	Знают, какая поверхность называется зеркальной	42	47
4	Знают, как доказывается закон преломления света	25	75
5	Знают границы применимости законов геометрической оптикой	50	63
6	Умеют рационально применять луч для описания явлений	50	29
7	Имеют представления о модельном характере знаний: знают, что закон – это модель явления	50	49

Видим, что на большинство вопросов, связанных с моделями геометрической оптики правильный ответ дают не более 50% учащихся. При этом особую трудность вызывали вопросы о связи реальных объектов с их заменителями-моделями (№ 1, 3). Без специального и постоянного внимания к соответствующим вопросам знания о моделях и действиях моделирования формироваться не могут, а полученные теоретически знания плохо соотносятся с реальностью-практикой.

Итак, **принципом организации** современного физического образования является освоение учебной деятельности моделирования как фундаментальной деятельности. При этом в разнообразии конкретных действий у школьников формируются современные системы понятий, они овладевают методом научного познания природы, способны понимать и познавать человеческий физический мир.

2.4. Модели физических объектов в школьном курсе

Физика как система знаний наполнена модельными представлениями. Уже банально звучит, что модели пронизывают содержание школьного курса физики, хотя явно и методически развернуто понятие модели не используются в обучении. Основная причина – отсутствие традиций и отсутствие методологической культуры и, как следствие, трудности в разработке содержания образования на этом языке и отсутствие соответствующей учебной деятельности. Отдельные решения слишком слабо влияют на содержание и процессы обучения, нужна государственная политика-программа.

Обратимся к общим и частным вопросам сложных конкретных методических решений.

О модели материальная точка. Из физических всех моделей школьники обычно называют одну – материальную точку. Но понимают ли они её? В частности, почему из всех моделей фундаментальной называют одну – «материальную точку» (В. В. Мултановский, 1977)? Какие принципиальные познавательные процедуры определяет введение этой модели? В главном, это определяется геометрической моделью материи, при этом непрерывность пространства рассматривается как модельное свойство [107, с. 54].

О логико-методологической природе (сути) модели «материальная точка». Материальная точка, несомненно, понятие, т.е. идеальное образование о чём-то или обозначающее что-то. Она «живёт» в мире других понятий, с ними соотнобразуется.

Исторически (и логически) впервые эта модель сконструирована при изучении механического движения. Эмпирическим объектом там определяется тело, т. е. объект, который имеет неизменную форму и размеры (объём). В определении материальной точки фиксируют два качества тела – инертные свойства (их характеристика масса) и размеры (характеризуются как неопределённо малые, бесконечно малые). Оба качества в модели сплавляются в идеализированном виде: инертные свойства задаются самым простым образом (масса, а не момент инерции), размеры предельно задаются нулевым значением. Инертные свойства двух (и более) взаимодействующих тел приписываются через массу одному, интересному для нас. И размеры хотя и есть (как онтологическая реальность), но нулевые.

Выделение геометрической точки как исходного элемента для определения (задания) модели пространства (времени) приводит к фундаментальной абстракции точечного события, что позволяет различать события [107, с. 52]. Продуктивность такого подхода была выяснена ещё Декартом при конструировании системы отсчета как

некой модели для описания движений. Важным шагом является формулирование квантово-релятивистской модели взаимодействия: акт взаимодействия локален (в точке пространства, в миг времени), две материальные точки взаимодействуют с помощью движения третьей. Материальным основанием для подтверждения справедливости этих моделей являются события мира элементарных частиц.

При таком подходе (языке описания физического мира) принципиально все физические модели объектов и явлений при своём конструировании опираются на материальную точку. Но их самостоятельность в отдельных областях из-за специфики описания явлений тоже не вызывает сомнений. В. В. Мултановский, однако, четко писал и об ограниченности геометрической модели материи (1977, с. 85). Но глобальности подхода такого описания физического мира это не умаляет, тем более для системы школьного физического образования.

О моделях в молекулярной физике.

Реальный газ. В методике физики в новое время обострились некоторые нерешенные проблемы формирования понятий. Прежде всего, это выяснение смысла используемых понятий. Подчеркнем, что все понятия по своей природе результат познавательной деятельности людей, результат их мышления и, значит, идеальные образования. В этом их единство. Но это со всей определенностью значит, что прямо в природе понятий нет. В равной степени это значит и другое – за понятиями стоит объективная реальность. Кстате, она ими же и обозначается. Наверное, надо уже договориться и принять, что 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 иного не дано. Такое определение реальности не по объему, ни по форме не сдерживает познания. Это необходимое правило, прием познания, это важный принцип согласия. Великий мыслитель К. Маркс писал в тезисах о Фейербахе о том, что действительность должна рассматриваться как результат человеческой деятельности. А В. И. Ленин подчеркивал неисчерпаемость электрона (и материи). Подобные позиции при конкретизации и задают через категориальные понятия физический мир. И это позитивно, т.е. продуктивно. Сложность смысла этих понятий раскрывается, 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).

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, в частности им придается статус реальности и т. п. Во всех теориях эти понятия необходимы и должны вводиться в самом начале, 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 и 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» (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 (Г. А. Чижев, Н. К. Ханнанов, 2003 с. 26)*. Получается излишне: модели модели. Лучше говорить о разных формах или видах модели «твердое тело».

В-третьих, первый шаг этапа количественного познания (в обучении это базовый курс физики) выражается в определении большого числа физических величин. По своей 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. Важно, что у каж-

* Здесь и далее для упрощения ссылка на учебник обозначается по автору, году издания.

дой 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; напряженность – характеристика электрического поля; сила тока – характеристика электрического тока; напряжение – характеристика электрического поля на участке цепи; частота – характеристика колебаний и т. д.

Проблемы формирования понятия о реальном газе довольно типичные. Прежде всего, сбивает с толку сам термин – реальный (!) газ. А в чем же суть дела? Разве корректно и целесообразно каждый раз подчёркивать реальность объектов природы?

Из текстов известных учебников не ясно, что это: реальный физический объект или модель газа. Приведем аргументы.

С самого начала полной ясности нет с определением модели газа вообще. Отсюда сразу накапливаются проблемы. «Основной физической моделью вещества является совокупность движущихся и взаимодействующих между собой атомов и молекул» (В. А. Касьянов, 2000, с. 325). С нашей точки зрения нельзя определять модель через категории, обозначающие реальность (т.е. атомы и молекулы). Явно непоследовательно, перейдя на язык материальных точек, потом говорить о шарах: «Наиболее простой моделью является идеальный газ, состоящих из материальных точек, между которыми отсутствуют силы, действующие на расстоянии, и которые сталкиваются между собой как упругие шары» (В. А. Касьянов, с. 321). Похожее решение и в другом учебнике: вывод основного уравнения МКТ для материальной точки, а определение идеального газа через понятие о частице (Г. А. Чижов, Н. К. Ханнанов, с. 275–276).

В целом достаточной характерной является разноплановость в определениях такой фундаментальной модели как идеальный газ: а) «...идеальный газ представляет собой теоретическую модель газа и поэтому в природе не существует» (С. В. Громов, 1999, с. 62); б) «Модель идеального газа. 1. Межмолекулярные силы взаимодействия отсутствуют. 2. Взаимодействия молекул газа происходят только при их соударениях и являются упругими. 3. Молекулы газа не имеют объема – материальные точки» (Г. Д. Луппов, 1992, с. 31); в) «Итак, идеальным газом называется газ, у которого при изотермическом процессе давление в точности обратно пропорционально его объему...»; «Итак, с молекулярной точки зрения идеальный газ представляет собой систему молекул, которые друг с другом не взаимодействуют и которые в первом приближении можно считать материальными точками» (Б. М. Яворский, А. А. Пинский, 1981, с. 220, 222).

Получается, слишком вольный переход от молекул к точкам и наоборот. И эти понятия, при работе с ними как со словами, уравниваются.

А. Н. Мансуров и Н. А. Мансуров так пишут: «Если расстояние между молекулами столь велико, что их энергия взаимодействия намного меньше средней кинетической энергии молекул, то газ подчиняется уравнению Менделеева–Клапейрона. В этом случае его называют идеальным газом. Если это уравнение не выполняется, т. е. расстояние между молекулами такое, что нельзя пренебречь взаимодействием между ними, то газ называют реальным» (1999, с. 184–185). Задумаемся: можно ли газ (агрегатное состояние вещества!) называть идеальным газом? Заметим, что это тексты для гуманитарного профиля изучения физики.

В обучении эффект использования моделей в полной мере проявится тогда, когда возникнет реальная возможность использовать для описания одного объекта хотя бы две модели. Фактически в учебниках (обычно вузовских) материал о реальном газе рассматривается с этой целью. Но это делается явно не последовательно. Обратимся к примерам.

«Реальный газ – достаточно сложная система. Мы рассмотрим простейшую физическую модель реального газа – идеальный газ... Физическая модель – это упрощенная схематическая копия исследуемой реальной системы» (Г. Я. Мякишев и А. З. Синяков, с. 105). В другом случае: «Сначала введем физическую модель разряженного газа... У разряженного газа расстояние между молекулами во много раз превышает их размеры. В этом случае взаимодействие между молекулами пренебрежимо мало и кинетическая энергия молекул много больше потенциальной энергии взаимодействия. Молекулы газа можно рассматривать как очень маленькие твердые шарики. Вместо реального газа, между молекулами которого действуют сложные силы взаимодействия, мы будем рассматривать его физическую модель. Эта модель называется идеальным газом» (Г. Я. Мякишев, с. 153–154). Значит, здесь понятие «реальный газ» задает, обозначает реальность, если идеальный газ – модель реального газа? Но полной ясности и здесь нет, от ответа методисты уклоняются. Тексты многих известных учебников ситуации не проясняют. Например, А. Н. Матвеев пишет: «Наиболее широкую известность среди приближенных уравнений состояния получило уравнение Ван-дер-Ваальса» (1987, с. 216); «уравнение Ван-дер-Ваальса может претендовать лишь на качественное описание реального газа» (там же, с. 222). Если при рассмотрении этого уравнения обычно и вводится понятие о реальном газе, то очевидно, что понятие «реального газа» несет смысл модели. Выполняет именно эти функции.

Конечно, жаль, что модель газа получила название «реальный газ». Исторически это понятно: был сделан шаг вперед в познании,

а дальше сразу физики и не заглядывали. Сейчас фактически в серьезных учебниках прямо или косвенно обозначается ограниченность этого знания о газе. Тогда почему его не определяют как модель, хотя обращаются с ним как с моделью?

Может быть для школьника все равно: иметь дело в учебнике с объектом или моделью? Но, с точки зрения методологии познания, а значит и для развития субъекта при усвоении иерархии знаний это различие принципиально важно. Очевидно, что это принципиально важно для всех методик обучения. Дело в конечном итоге в характере деятельности школьника. От характера деятельности весь эффект. Мы исследуем (чаще всего говорят об эксперименте) объекты, строим их модели, используем для описания законы и т.п. Модели мы, прежде всего, изучаем, применяем, может быть, в редких случаях изменяем, теоретически исследуем возможности той или иной модели. Что тут принципиально сложного?

Идеальный газ как модель в молекулярной физике определяется на макроскопическом и микроскопическом (статистическом) уровнях: а) газ, подчиняющийся газовым законам, идеальный газ, б) идеальным газом называют модель газа со следующим строением: частицы – материальные точки, точки непрерывно, хаотически движутся, точки взаимодействуют при упругом столкновении, т. е. внутренняя энергия идеального газа есть только кинетическая энергия движения материальных точек...

Из расшифровки-конкретизации модели идеального газа получается МКТ-закон (уравнение) идеального газа – $p=nkT$. И далее все следствия.

Статистическая модель идеального газа позволяет объяснять некоторые макроскопические тепловые процессы – испарение, плавление, тепловое расширение и др. Уметь применять простую модель – это и есть теоретическое мышление для понимания явлений природы.

В **термодинамике** рассматриваются макроскопические модели объектов, основная из них – термодинамическая система. Модель каких объектов? Это может быть любая совокупность макроскопических тел с определённым взаимодействием, на макроуровне описываемым посредством передачи энергии и вещества. Замкнутая система оказывается более простой моделью. На модели равновесного состояния термодинамической системы, очевидно замкнутой системы, формулируют законы. Если по определению модели считать, что параметры, например, газа (давление, температура), постоянны во всех частях, то становится понятным модельный характер такого понятия. В реальности никогда не бывает такого состояния объектов.

Первый и второй законы термодинамики – это математические модели термодинамических процессов. Само выделение вида процесса – это уже моделирование; например, равновесный процесс, т. е. бесконечно медленный процесс изменения параметров системы. В природе он описывает весьма медленные изменения температуры газа (иные параметры иных объектов). Очевидно, что и необратимый процесс в термодинамике – это идеальная модель. Понятны тогда процедуры конструирования закона: все макроскопические процессы в замкнутой системе самопроизвольно протекают в одном направлении... [134, с. 91]. И границы применимости автоматически вытекают: для микросистем из нескольких частиц закон не выполняется. Словом, все аспекты моделирования вплоть до границ применимости модели могут быть легко выделены в содержании школьного курса термодинамики. И даже определить логику и методику построения этого содержания.

Модели электромагнитного поля. Поле, конечно, – фундаментальный физический макроскопический объект, который существует в свободном состоянии. Исторически дискретная схема-модель поля становится реальностью (онтологизируется) при экспериментальном открытии фотонов. Можно говорить, что моделью макроскопического поля является монохроматическая волна, а моделью микроскопического поля – точка (наделённая энергией и импульсом). Определена связь этих моделей: более фундаментальной оказывается модель квантованного поля; волновая (макроскопическая, непрерывная) модель получается усреднением квантовой (дискретной) модели.

Для школьного курса физики следует считать реальными физическими объектами (явлениями): электростатическое поле, стационарное электрическое поле, статическое магнитное поле, электромагнитное поле, электромагнитные волны, свет как световой поток и электромагнитную волну. Для их описания выделяют следующие доступные **модели электромагнитного поля (волны)**:

- Силовые линии напряженности (магнитной индукции) электростатического и магнитного (и иных) полей.
- Однородное электростатическое поле (конденсатора).
- Монохроматическая гармоническая волна (постоянная частота и амплитуда).
- Световой луч.

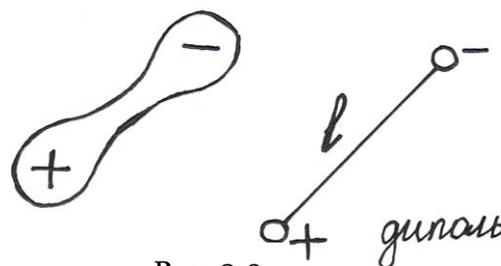


Рис. 2.9

В электродинамике распространено использование моделей объектов в поле. В конечном счёте, это объясняется задачей описания явления поведения зарядов или токов в поле. Например, модель полярного диэлектрика в электрическом поле. Выделяется единица рассмотрения – диполь; сначала его можно рассматривать как реальность из двух взаимодействующих ионов; затем абстрагирование приводит к собственно диполю как модели. Данная модель (рис. 2.9) позволяет рассмотреть, что представляет собой молекула полярного диэлектрика и как он ведет себя при внесении его в электрическое поле.

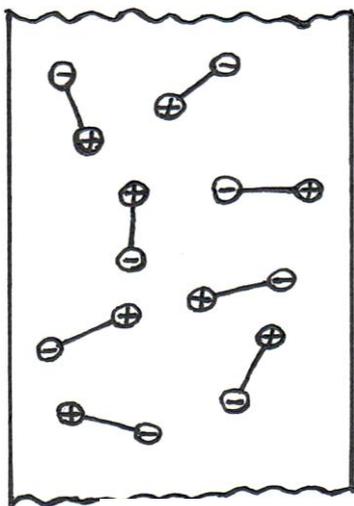


Рис. 2.10

Вследствие теплового движения диполи ориентированы беспорядочно (рис. 2.10). При внесении диэлектрика в однородное электрическое поле возникающая пара сил стремится повернуть диполь, так что бы его ось была направлена по силовым линиям поля (рис. 2.11). Используя эту модель, можно сделать предсказание о том, что внутри диэлектрика электрическое поле ослабляется.

Модели атома. Для школьного курса физики известны (описаны) три модели строения атома: атом Томсона – атом состоит из положительного заряда, равномерно заполняющего весь объем атома, электроны «вкраплены» в атом, подобно изюминки в кексе; планетарная модель атома Резерфорда; квантовая модель атома Бора. Их модельно-схематическое изображение дано на рисунке (рис. 2.12, а, б, в); существуют и знаковые модели атомов, например, для атома Бора известна формула для энергии $E_n = -13,6 \cdot \frac{1}{n^2} \text{ эВ}$. Для радиуса атома име-

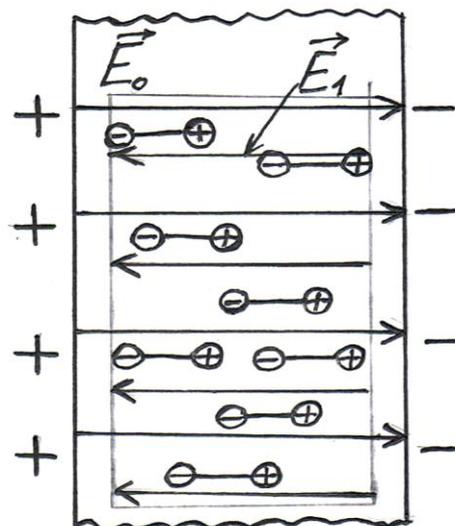


Рис. 2.11

ем выражение $r_s = \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m e^2} n^2$, т.е. размеры атома с ростом квантового

числа (энергетического состояния) увеличиваются. Оказывается определение модели строения атома возможно и через процедуры метода исследования как в опыте Резерфорда (см., например, [136, с. 135]). В целом, важно отметить, что три модели атома – это единственный пример в школьном курсе раскрытия через изменение

моделей процесса познания объекта. Да и то это делается неуверенно, не активно, методологически не эффективно. Для воспитания школьников следует развернуть на другом материале такие методические решения.

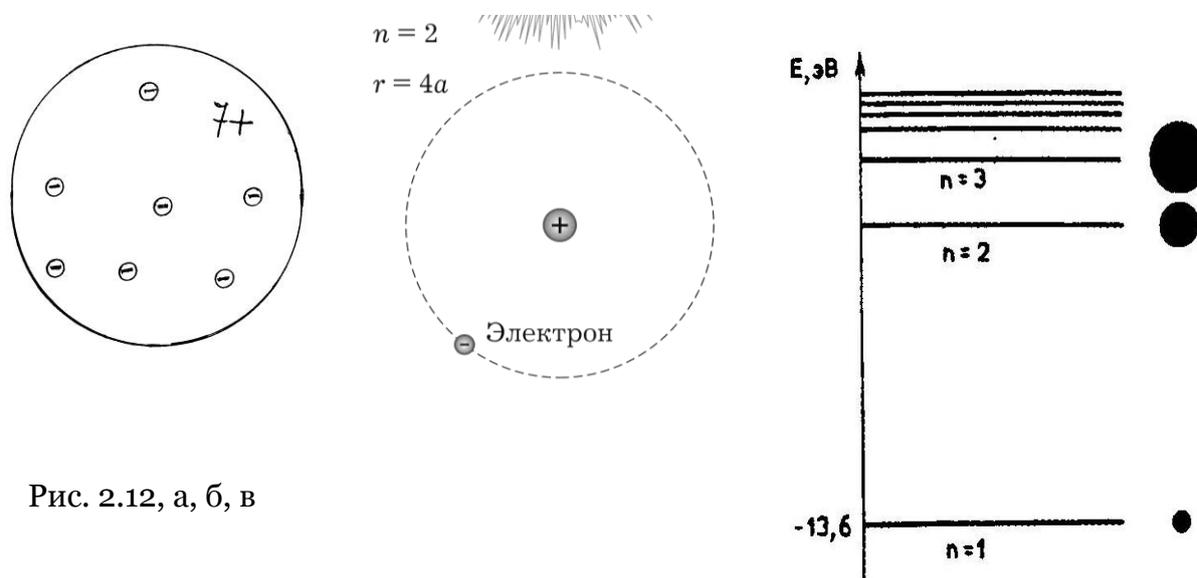


Рис. 2.12, а, б, в

Чем отличаются модели от других средств описания объектов и явлений (физических величин)? Особенность моделей в прямом смысле в некоем целостном онтологическом представлении объекта, в том числе и чувственном.

2.5. Модели физических явлений в школьном курсе

В настоящее время наиболее последовательно и эффективно в методике обучения физике модели физических явлений заданы (представлены) в рамках освоения научного метода познания (В. Г. Разумовский, В. В. Майер, Е. И. Вараксина [140]), в моделях уроков (Ю. А. Сауров, Г. А. Бутырский, В. В. Мултановский [157]). Именно в рамках научного метода появляется возможность функционально и содержательно задать модель физического явления, устанавливая связи модели с фактами, моделями объектов, принципами, законами и др.

Обратимся с рефлексивным анализом к конкретным примерам методических решений. Но сначала представим **теоретические идеи** конструирования подобных моделей.

1. Модель задаёт некую структурированную систему знаний, но кроме того – последовательность рассмотрения (изучения)

знаний. Важно, что даётся структурно законченное (и экономное, и доступное) знание о физическом явлении – важной единице содержания образования.

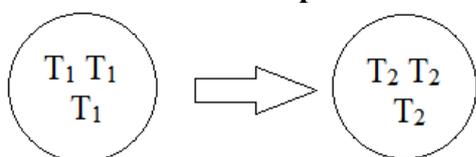
2. Логически в схемах-моделях научный метод познания представлен в несколько свернутом виде: следствия и эксперимент (практика) объединены в один этап, хотя по функциям они различаются. Но по логике эти два этапа, несомненно, относятся к следствиям. Упрощение логики уменьшает сложность этой структуры-модели при усвоении.

3. Каждый блок – это своеобразная модель (факта, сути явления, следствий). Итоговая модель становится моделью-конфигуратором, системообразующей идеей которой является научный метод познания (принцип цикличности). Сам принцип цикличности интегрирует в себя (конфигурирует) структуры представлений о решении учебных задач, этапах усвоения знаний и т. д. (см. подробнее [152]).

4. В общей модели центральное место занимает понятийно-знаковая модель физического явления. Есть схемы-модели, в которых используются рисунки, блок-схемы и т. п., т. е. понятия могут уточняться, расшифровываться в разных формах. В зависимости от содержания вопроса в программе, учебнике физическая модель строится (выбирается) на основе методических идей. На практике может учитываться уровень (условия) обучения, стиль работы преподавателя.

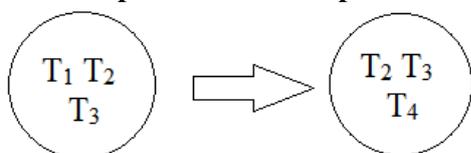
5. Модель явления фиксирует изменение состояния изучаемой системы (как модели реального объекта). Изменение состояния может выражаться по-разному (пространственное изменение, изменение температуры и др.). Отсюда описание явления может быть представлено совокупностью схем-моделей, в которых фиксируется разное состояние. Кстати, в опыте при решении задач, например, на законы сохранения в схемах это так и делается – выделяется состояние системы. Приведем ещё пример фиксации процессов из термодинамики (см. подробнее [135,154]).

Равновесный процесс:



- В каждый момент времени система находится в равновесном состоянии.
- Это модель реальных процессов.

Неравновесный процесс:



- В каждый момент времени система из одного неравновесного состояния переходит в другое неравновесное состояние.
- Это более сложная модель природных процессов.

ЯВЛЕНИЕ ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

ФАКТЫ



МОДЕЛЬ



СЛЕДСТВИЯ

- **Явления** взаимного притяжения любых тел на расстоянии: Луны и Земли, яблока и Земли и др.
- **Действие** Земли на тела; сила тяжести $F = mg$ – как характеристика этого действия

- **Универсальность** гравитационного взаимодействия в природе – все тела и частицы участвуют в нем
- **Модель взаимодействия:** на расстоянии между телами мгновенно без посредников
- **Закон всемирного притяжения** для материальных точек

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} -$$

гениальное открытие Ньютона (1667)

- **Экспериментальное определение G** – опыты Кавендиша → (1798) метод крутильных весов; $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг²
- **Иные модели (законы)** явления всемирного притяжения

- Объяснение природы движения планет
- Выяснение причины приливов на Земле
- Понимание «не заметности» силы всемирного тяготения обычных тел
- Есть ли **границы применимости** закона всемирного тяготения?

ЯВЛЕНИЕ ТРЕНИЯ

ФАКТЫ

- **Явление** взаимодействия двух тел при соприкосновении, которое выражается в препятствии их взаимному перемещению
- **Природа** – электромагнитное взаимодействие
- **Виды:** внешнее (покоя, скольжения, качения), внутреннее (слои газа или жидкости), сопротивление (движение тела относительно газа или жидкости)



МОДЕЛЬ

- Сила трения $F_{тр}$ как характеристика действия поверхности на тело
- **Характер силы трения:**
 - а) **зависит** от материала тела и поверхности, смазки, величины N ;
 - б) **не зависит** от S поверхности;
 - в) $F_{\text{тах покоя}} > F_{\text{скольжения}}$;
 - г) $F_{\text{качения}} < F_{\text{скольжения}}$
- **Закон для силы трения** (для случая независимости от скорости)
$$F_{тр} = \mu N$$
- Коэффициент трения характеризует материал, степень обработки поверхностей; не зависит от N



СЛЕДСТВИЯ

- **Уменьшение трения:** смазка, обработка поверхностей, выбор материала, подшипники качения и скольжения
- **Увеличение трения:** песок на дороге при гололеде, цепи на колёсах, специальные шины, протектор на ботинках и др.
- Расчет движения тел, расчет деформаций

О типичной модели явления электрического тока в проводнике. Определение явления: а) на макроуровне – направленное движение свободных электрических зарядов под действием электрического поля, б) на микроуровне – упорядоченное движение электронов под действием электрического поля и ионов кристаллической решётки.

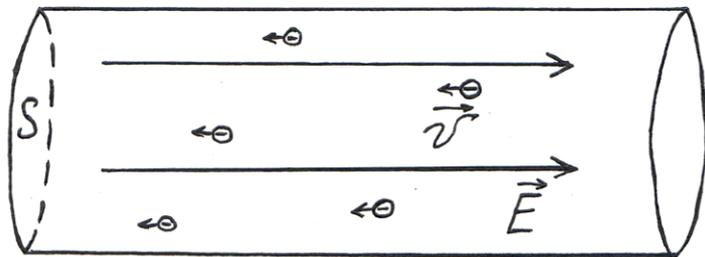


Рис. 2.13

Сила тока I характеризует движение зарядов; напряженность E – характеристика электрического поля.

О типичной модели явления электрического

тока в проводнике. Определение явления: а) на макроуровне – направленное движение свободных электрических зарядов под действием электрического поля, б) на микроуровне – упорядоченное движение электронов под действием электрического поля и ионов кристаллической решётки. Сила тока I характеризует движение зарядов; напряженность E – характеристика электрического поля.

Первая простая модель изображена рисунком-схемой (рис. 2.14). Это классическое изображение модели проводника, по которому течет электрический ток, позволяет понять ряд сторон явления: а) ток

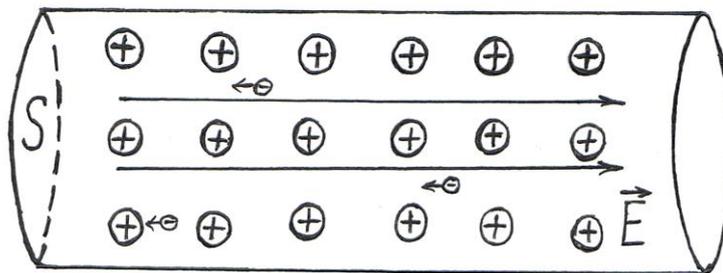


Рис. 2.14

в металлах обусловлен движением свободных электронов, под действием электрического поля E , б) движение электронов противоположно направлению поля, в) для равномерного движения электронов не достаточно действия одного поля.

Вторая модель уточняет первую: выясняется характер

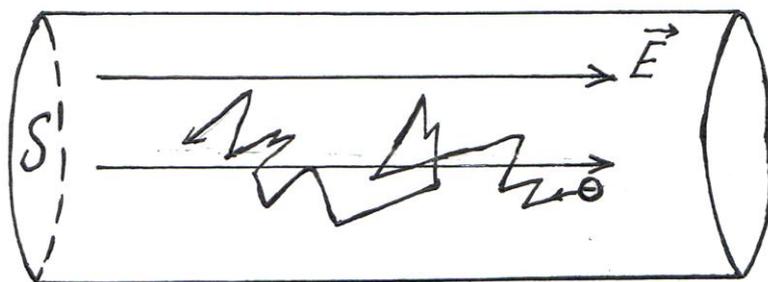


Рис. 2.15

взаимодействия электронов и ионов решётки. При столкновении с

ионами скорость и направление движения свободных (такова особенность модели) электронов скорость и направление движения

электрона изменяется (рис. 2.15). Отсюда реальная траектория движения каждого электрона индивидуальная, сложная по траектории, но в целом дрейф электронов имеет постоянную скорость и ление. На модели можно предсказать влияние температуры на движение электронов в проводнике.

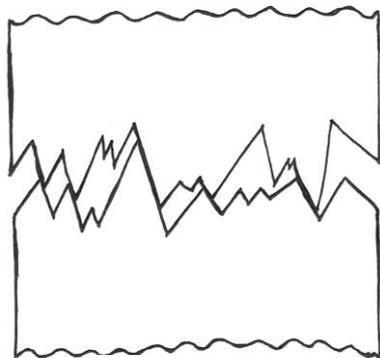


Рис. 2.16

является электрическое притяжение между ними. Именно оно «мешает» относительному движению.

На макроуровне сопротивление относительному движению объясняется неровностями (шероховатостью) поверхности тел (на рис. 2.16 дано увеличение).

При построении более детальной модели (рис. 2.17) вновь обнаруживаем на части соприкасающихся поверхностей взаимодействие молекул тел. В итоге подчеркивается электро-

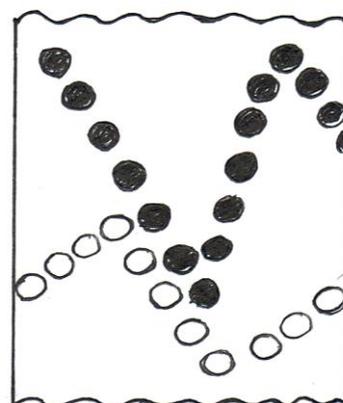


Рис. 2.17

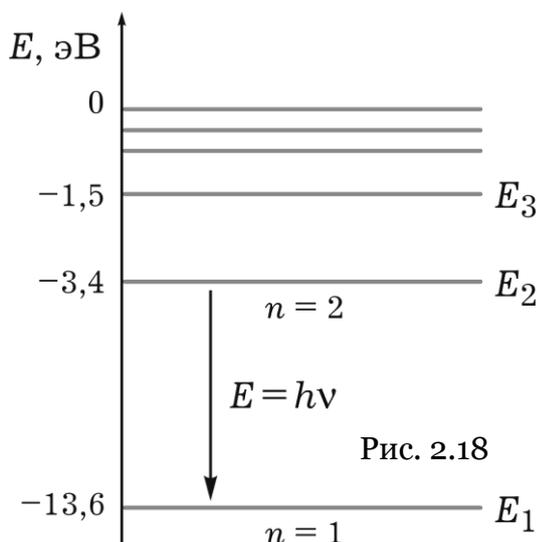


Рис. 2.18

магнитная природа явления трения. Заметим, что по характеру движения тел и его силового описания явление изучают в механике.

В квантовой физике фундаментально (и типично) явление излучения света (электромагнитных волн). Существует несколько разных по подробности моделей излучения:

а) Спонтанное излучение – электрон в атоме из одного высшего энергетического состояния переходит в низшее и излучает фотон (рис. 2.18). Квантовый скачок в первом приближении мгновенный, носит вероятностный характер; его причина, конечно, внешние электромагнитные взаимодействия, поэтому сама по себе рассматриваемая физическая система является не замкнутой.

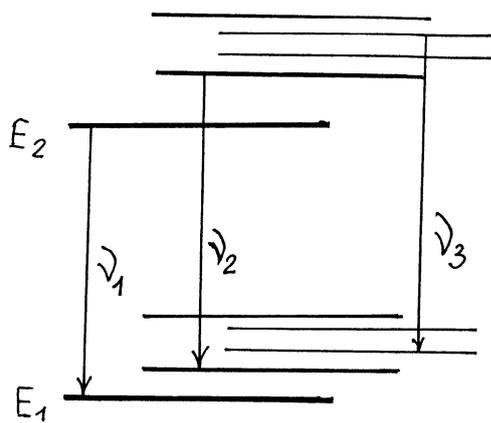


Рис. 2.19

б) Спонтанное излучение атома или молекулы – более сложная модель излучения (рис. 2.19). С одним электронным энергетическим уровнем E_1 , например, молекулы связан ряд колебательных подуровней; с одним колебательным уровнем связан ряд вращательных подуровней энергии. В целом имеется система энергетических уровней. Все возможные переходы между ними и дают полосатый спектр.

в) Вынужденное излучение в квантовых генераторах света. Модель его такова (рис. 2.20, а): подбирается вещество с метастабильным уровнем E_2 ; внешне возбуждается атомная система с E_1 на E_3 ; затем под действием резонансного кванта происходит лавинообразное излучение таких же квантов (рис. 2.20, б).

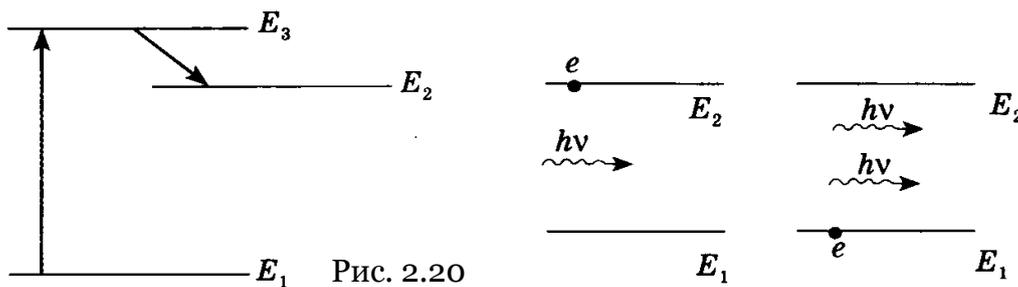


Рис. 2.20

В квантовой физике широко распространенным движением микрочастицы является её движения в ограниченной области пространства – явление стационарного движения системы частиц вещества. Причиной такого движения частиц в ограниченной области пространства является их взаимодействие*. Рассмотрим наиболее простой – идеальный – случай, когда взаимодействие описывается следующим графиком потенциальной энергии (рис. 2.21). График такого вида получил название «потенциальной ямы». В области от 0 до ℓ , т. е. внутри «потенциальной ямы», – частица свободна. На границах этой области большое взаимодействие (потенциальная энергия стремится к бесконечности) возвращает частицу обратно. Такая простая картина является **моделью** многих реальных взаимодействий: электрона с ядром в атоме, атомов между собой в мо-

* Для нас впервые различие взаимодействия и энергии было выполнено в статье: Сауров Ю. А., Разумовский В. Г. Генерализация знаний о взаимодействии физических объектов на основе энергетического описания // Физика в школе. 1980. № 3. с. 48–53.

лекуле и т.д. Однако, уже на такой простейшей модели взаимодействия можно изучить важнейшие свойства движения микрочастиц в стационарном, устойчивом состоянии. Для этого используются

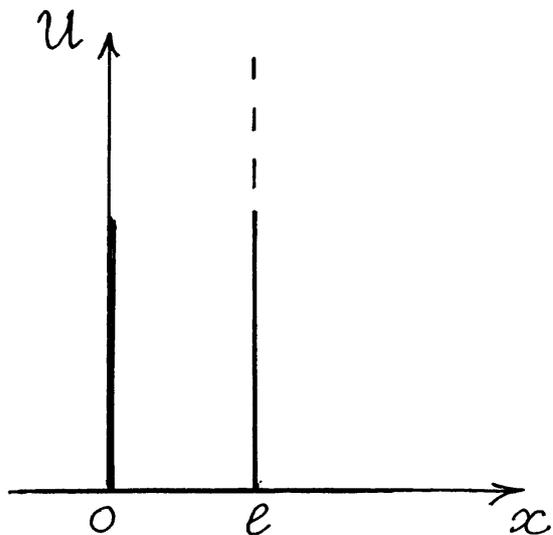


Рис. 2.21

волновые представления о движении микрочастиц.

Движение микрочастицы в потенциальной яме описывается стоячей волной, образованной в результате интерференции (сложения) волн де Бройля. На рисунке 2.22 изображены возможные стоячие волны, которые описывают стационарные состояния микрочастицы. Условия образования стоячих волн следующие: **на границах потенциальной ямы обязательно находятся узлы**

лы, в длину ямы укладывается целое число стоячих длин волн или целое число полуволен де Бройля.

Знание вида стоячей волны позволяет определить вероятность нахождения микрочастицы в той или иной области пространства.

На рисунке 2.23,а приведены первые два графика стоячей волны для частицы в потенциальной яме. Графики вероятности пребывания частицы в соответствующих состояниях показаны на рисунке 2.23, б. Они получаются возведением в квадрат модуля функции стоячей волны. При $n=1$ частицы вероятнее всего находится в середине «ямы». В других местах она тоже может находиться, но с меньшей вероятностью. Точно знать, где она находится в области от 0 до l – невозможно. При $n=2$ вероятность пребывания частицы меняется: в середине «ямы» – нуль, но зато на расстояниях $x = \frac{1}{4}l$ и $x = \frac{3}{4}l$ вероятность наибольшая.

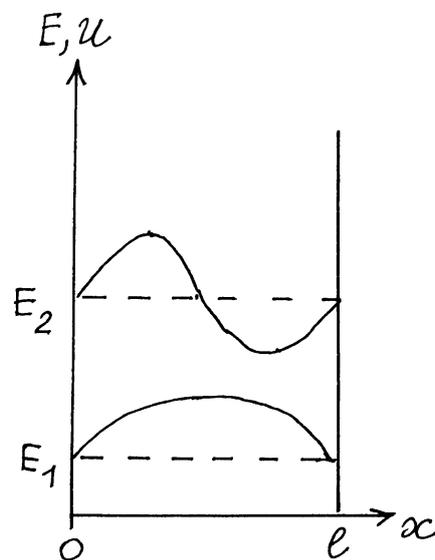


Рис. 2.22

Таким образом, **стационарные состояния отличаются друг от друга вероятностью пребывания микрочастицы в тех или иных областях пространства.**

Знание стоячей волны вероятности позволяет определить энергию стационарного состояния в случае нашей модели взаимодействия. Внутри потенциальной ямы полная энергия микрочастицы равна кинетической, так как частица внутри «ямы» свободна, т.е. $E = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$. Величина импульса находится

из условия образования стоячих волн с учетом формулы де Бройля: $n \frac{\lambda}{2} = \ell$ и $\lambda = \frac{h}{p}$. Отсюда имеем следующий результат $p = n \frac{h}{2\ell}$.

В итоге для энергии микрочастицы в «потенциальной яме» получаем выражение: $E = \frac{p^2}{2m} = n^2 \frac{h^2}{8m\ell^2}$, где $n = 1, 2, 3$, и т.д.

Данный результат для энергии частицы дает принципиально **новое знание**, полученное на основе нашей модели движения и

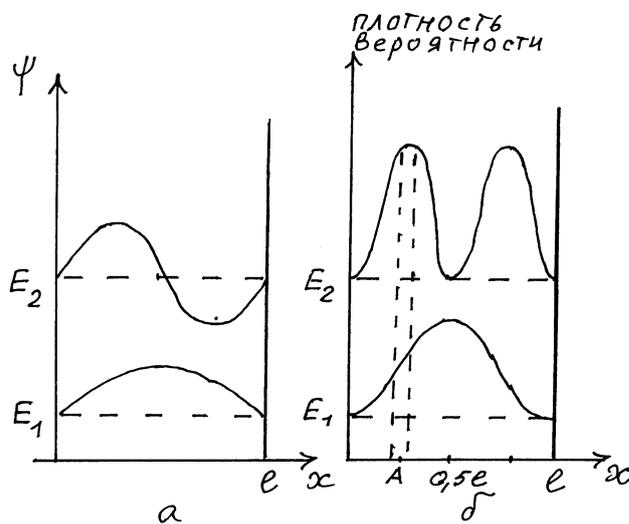


Рис. 2.23

взаимодействия микрочастицы. Во-первых, энергия связанной микрочастицы принимает лишь дискретные значения. Говорят, что она квантуема. Во-вторых, энергия микрочастицы в связанном состоянии не может иметь нулевого значения. Последний вывод согласуется с принципом неопределенностей: покоиться связанная микрочастица не может; чем меньше ℓ , а значит Δx , то тем больше E и Δp .

В целом, схемы-модели разрабатываются и дополняются одновременно с математическими моделями-уравнениями, добавляют наглядности и физического понимания в последние. В схемах-моделях знаковое выражение несёт смыслы-идеи того или иного понимания явления (м.б. парадигмы как исходной модели).

2.6. Модели в системах обобщения знаний

Без ясного понимания и использования модельных представлений обобщение знаний (и опыта деятельности) невозможно. Ниже предлагается вариант такого методического подхода при построении учебного процесса в конце одиннадцатого класса. Следует подчеркнуть, что современная физическая картина мира в нашем модельном изображении впервые идейно продумана и построена

В. В. Мултановским (1977). Сейчас, с нашей точки зрения, несомненно, она построена на платформе субстанциональной парадигмы, хотя тогда он так не говорил.

1. Физический мир. По мере развития происходило расширение физической картины мира: в нее входили знания о новых областях пространства с новыми объектами и явлениями. Например, только в XIX веке были открыты электромагнитные волны... В таблице 2.2 представлены области физического мира, выделение которых во всех аспектах, очевидно, модельно. Но и представления об известных объектах изменялись: новые модели сменяли прежние, одни модели дополняли другие...

С опорой на таблицу выделим группы физических явлений и покажем их конкретное многообразие. Следует выделить: а) явления, выраженные в явном перемещении объектов в пространстве, например, механическое движение тела; б) явления, выраженные в изменении параметров системы, например, при нагревании газа изменяется температура, может измениться давление. Само это выделение зависит от «теоретического видения». Например, в конечном итоге причиной всех физических явлений оказывается движение и взаимодействие объектов. Разные объекты, разные их начальные состояния, разные их взаимодействия приводят к бесконечному богатству физических явлений. Так, свободное падение тела может выражаться в движении вниз и вверх по прямой, в движении по окружности на орбите около Земли... В молекулярной физике, например, газ в целом и не перемещается, но частицы газа сложным образом движутся. Движение и взаимодействие частиц газа – причина известных свойств газа.

2. Познаваемость мира, средства и методы познания. Физика как наука все время развивается. Можно выделить следующие характеристики развития физики: рост объема знаний, создание новых и изменение старых систем знаний; усиление ведущей роли теоретического знания; резкий рост прикладного физического знания; абсолютность и относительность любого знания, модельный характер физического знания и границы применимости знаний; усиление влияния научного знания на практику. Постепенно менялась и логика получения (построения) научных знаний, в целом сейчас физическое познание лучше всего выражается схемой «факты – модель – следствия – эксперимент» (Галилей, Эйнштейн).

Научные факты ученые получают из опыта познания, в результате теоретического осмысления наблюдаемых объектов и явлений. Из теоретических методов подчеркнем значение моделирования. В частности, невозможно понять сложный объект, не построив его модели. С какими же **фундаментальными моделями объектов** мы встречались?

В механике для описания движения тела изучались следующие модели – материальная точка, система материальных точек, абсолютно твердое тело.

В молекулярной физике для газа мы использовали модель «идеальный газ», для тела – кристаллическую решетку, в термодинамике для всех объектов использовали понятие «термодинамическая система».

В электродинамике основными являются следующие модели: точечный заряд, однородное электрическое поле, свободные гармонические колебания, гармоническая электромагнитная волна, световой луч...

В квантовой физике для описания явлений микромира широко используют следующие модели: планетарную модель атома, квантовую модель атома Бора, протонно-нейтронную модель ядра, кварковую модель адронов.

Модели, особенно математические модели, позволяют получить многочисленные следствия. Например, вся электротехника и радиотехника основываются на четырех уравнениях Максвелла!

3. В фундаментальных принципах физики представлены ведущие физические идеи. Они дают модельное видение физического мира, приводят к построению конкретных моделей объектов и явлений. Назовем основные из них:

- **Принцип относительности.** Описание одного и того же явления возможно в разной системе отсчета, что приводит к особенностям. В инерциальных системах отсчета физические явления протекают одинаково, т. е. и описываются законами одинаково.

- **Принцип близкодействия.** Взаимодействие физических объектов на расстоянии осуществляется с помощью полей. В мире элементарных частиц взаимодействие двух частиц на расстоянии осуществляется с помощью третьей частицы – кванта поля. Отсюда скорость физических взаимодействий ограничена скоростью света. Гениальным И. Ньютоном был предложен другой механизм взаимодействия: на расстоянии два тела взаимодействуют мгновенно без посредников. Эта модель взаимодействия хорошо показала себя в механике, но оказалась грубой и в итоге неверной в электродинамике.

- **Принцип причинности.** События во времени следуют одни за другими, поэтому вторые могут быть причинами первых. Это находит отражение в законах явлений. Например, $ma = F$, т. е. внешнее действие является причиной ускоренного движения тела.

- **Принцип неопределенности и принцип дополненности.** Первый был открыт В. Гейзенбергом, второй – Н. Бором. В микромире невозможно одновременно одинаково точно измерить некоторые физические величины. По Бору невозможно в одном эксперименте обнаружить волновые и корпускулярные свойства материи, отсюда эти свойства не противоречат, а дополняют друг друга. Так в мире физики для описания свойств объектов стали использовать дополняющие друг друга модели.

- **Принцип соответствия.** В 1923 г. Н. Бор сформулировал принцип соответствия, который требовал согласования следствий квантовой механики с классическими представлениями при применении квантовой механики к макротелам. Приведем пример. Если для объекта можно считать $h \rightarrow 0$, то

$\lambda = \frac{h}{p} \rightarrow 0$, а это значит, что волновые представления для данного объекта не применимы.

В настоящее время в физике принят обобщенный **принцип соответствия: любая новая теория включает старую теорию как предельный случай.** Так, уравнения специальной теории относительности переходят в уравнения классической механики при условии движения тела с малыми скоростями, т.е. при условии $v \gg c$ или при $c \rightarrow \infty$. Например, закон сложения скоростей в СТО

$v = \frac{v_1 + v}{1 + \frac{v_1 \cdot v}{c^2}}$ при $c \rightarrow \infty$ переходит в закон сложения ско-

ростей Галилея $v \approx v_1 + v$. Аналогично в пределе $h \rightarrow 0$ квантовая механика переходит в классическую механику. Например, при условии $h \rightarrow 0$ $E = h\nu = 0$, что значит – энергия физической системы изменяется непрерывно.

Примеры учебных заданий: 1. На основе изученного материала, например, механики и специальной теории относительности докажите, что между этими системами знаний выполняется принцип соответствия. 2. С использованием исторических фактов открытия ядерной реакции деления, определите особенности познания физических явлений. Примерные проблемы для исследования: как в реальности было: теория предшествовала опыту или наоборот? Сразу ли понимались опытные факты? Можно ли говорить о коллективном познании явления деления ядер урана? Почему добивались успеха именно названные физики? 3. Что такое «объект природы»? Приведите примеры. (Ответ. Объект – это часть внешнего, материального мира; это всегда объект познания и деятельности человека.) Какие средства описания используются для характеристики объекта? (Ответ. Средства описания – физические величины, понятия, законы, модели, идеи, принципы, теории, любые характеристики физических объектов и явлений.) В чем отличие физической модели от реального физического объекта? (Ответ. Модель – схема, изображение или описание чего-либо для изучения по аналогии; модель – это искусственно созданный объект для изучения нужного объекта.) Какие открытия (пример одного или двух) в физике сделаны в последнее десятилетие? Из чего «состоит» физический мир (см. табл. 2.2)?

Таблица 2.2. Физический мир как реальность

Область пространства, м	Наблюдаемые объекты	Наблюдаемые явления	Области знания
Мегамир $10^{18} - 10^{25}$	Галактики, метагалактики, гравитационные и электромагнитные поля	Механическое движение Распространение электромагнитных волн	Астрофизика. Общая теория относительности
Макромир $10^{-8} - 10^{18}$	Несколько групп разных объектов: а) звезды, планеты; б) тела и макроскопические частицы; в) молекулы, атомы; г) электромагнитное поле	Механическое движение. Тепловое движение: превращения жидкостей, газов, твердых тел. Взаимодействие тел и полей. Электрический ток, свет, радиоволны	Механика. Молекулярная физика. Электродинамика. СТО Радиотехника, электротехника
Микромир $< 10^{-8}$	Элементарные частицы; атомы, ядра атомов	Движение и взаимодействие элементарных частиц Ядерные реакции	Квантовая физика, СТО. Физика элементарных частиц

4. Современная физическая картина мира – это система самых важных знаний, т.е. общая физическая модель нашего мира. В неё входят основные идеи, фундаментальные понятия, важнейшие законы, элементы известных теорий – механики, молекулярной физики, электродинамики, квантовой физики.

В зависимости от целей можно построить разные по составу, подробности описания картины мира. Исторически такие системы знаний в целом о физическом мире были разные. Выделяют механическую картину мира, электродинамическую картину мира, квантовую картину мира (рис. 2.24). Значит, исторически модель физического мира меняется, хотя и медленно. Каждое изменение картины мира – грандиозное

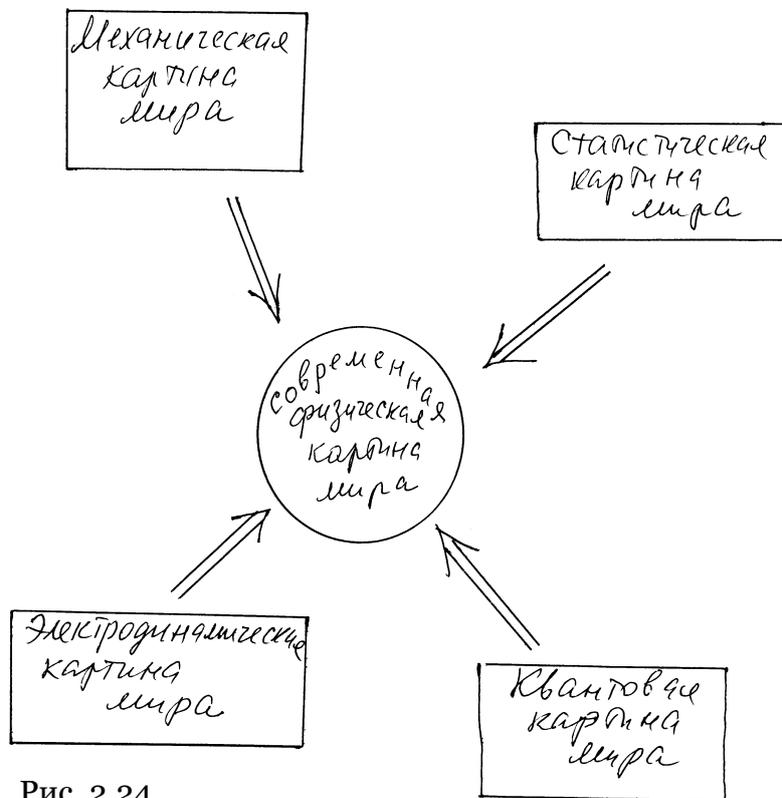


Рис. 2.24

духовное явление, которое называют научной революцией.

Понятие о физической картине мира (ФКМ) как наиболее общей модели материи, её движения и взаимодействия. В состав любой ФКМ как системы знаний входят: а) исходные идеи; б) представления об области познания; в) основные понятия, законы; г) основные мировоззренческие выводы.

Современная физическая картина мира интегрирует фундаментальные знания известных картин мира, соответствующие достижения физических теорий. Обратимся подробнее к основным идеям, понятиям, законам, теориям современной ФКМ.

Множественность описания (языки, модели) объектов и явлений, в итоге – последовательное приближение к истине. Любой объект, например, кусочек стекла, описывается законами механики, молекулярной физики, оптики. В одном случае это уравнения закона $m\vec{a} = \vec{F}$, во втором – график деформации при растяжении, в третьем – коэффициент преломления. Всё это разные языки, способы описания свойств (подчеркнём, что в числе способов – модели) нашего стекла. И так для всех объектов.

Ограниченность знания, приближенность эмпирического знания. Опытное знание, полученное в ходе измерений, всегда приближенное с точностью до погрешности измерения. Но и теоретическая модель имеет свои грани-

цы применимости. Даже второй закон Ньютона $m\vec{a} = \vec{F}$ не применим уже к вращению твердого тела, тем более не применим к свету.

Конкретизируем элементы строения современной ФКМ (см. рис. 2.25).

- В мире существует многообразие материальных образований – от элементарных частиц до галактик. На самом глубинном микроуровне ничего кроме элементарных частиц не обнаружено, т.е. в конечном итоге вещество и поле представлено элементарными частицами. А малая по размерам элементарная частица **моделируется материальной точкой**. Поэтому исходной фундаментальной моделью материи является материальная точка (по В. В. Мултановскому).

- Фундаментальной моделью взаимодействия двух элементарных частиц на расстоянии является взаимодействие двух материальных точек с помощью обмена третьей материальной точкой. Это модель близкодействия. Всего выделяют четыре разных типа фундаментальных взаимодействий – сильное, электромагнитное, слабое, гравитационное. На уровне микромира у этих взаимодействий найдены носители – элементарные частицы кванты этих полей, π -мезоны, фотоны, промежуточный бозон W и гравитоны.

- Общими для всех физических систем мегамира, макромира, микромира и процессов являются законы сохранения – импульса, энергии, заряда и некоторые другие.

- В зависимости от рассматриваемого (выделяемого) структурного уровня материи строят свои модели материи, опираясь на универсальную модель материи материальную точку, конкретизируют проявление фундаментальных взаимодействий, в итоге получают системы знаний – фундаментальные физические теории, т.е. механику, молекулярную физику, электродинамику, квантовую физику. Например, модель «абсолютно твердое тело» – это совокупность материальных точек с неизменным расстоянием между ними.

- Мировоззренческие выводы. Четыре фундаментальных теории позволяют в целом объяснить все известные явления мира.

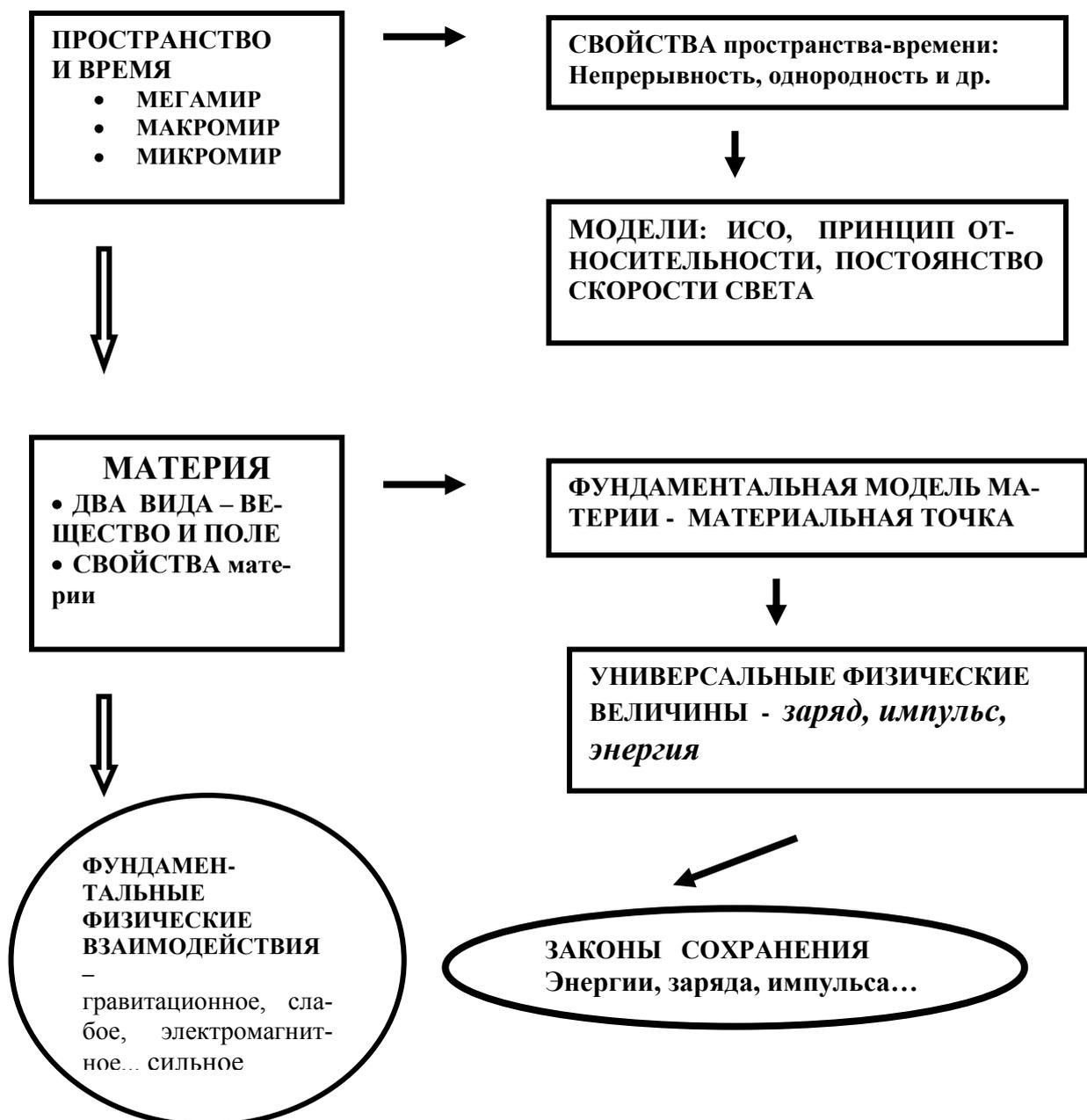
Итак, современная ФКМ объединяет и обобщает все накопленные в физике знания, позволяет качественно понять сложный физический мир. При этом используются фундаментальные модели материи, движения, взаимодействия. Но она не объясняет всего на свете. И у неё есть границы применимости. Так, она не ставит задачи описания биологических явлений. ФКМ, **как модель**, не может претендовать на описание поведения человека.

Как строится схема-модель современная ФКМ? Левая часть – фундаментальное онтологическое представление о физической природе; правая часть – модели. Дополним: в правой части фундаментальной моделью взаимодействия является квантово-релятивистский механизм – две материальные точки на расстоянии взаимодействуют с помощью третьей (см. подробнее: Сауров Ю. А., Мултановский В. В. Квантовая физика: модели уроков. М.: Просвещение, 1996, с. 233). Сверху вниз расположение представлений по логике «от абстрактного к конкретному» до физических теорий.

Примеры учебных заданий: Перечислите известные вам методы научного познания природы. (Ответ. Экспериментальные: наблюдение, эксперимент, измерение. Теоретические: выдвижение гипотезы, моделирование, идеализация, аналогия, выдвижение принципов, обобщение, мысленный эксперимент.) Как вы думаете, в чем состоит цель познания мира? (Ответ. Физические знания дают представления человеку о мире, его месте в этом мире. Зна-

ние «создает» материальные основы цивилизации.) Что такое физическая картина мира? (Ответ. ФКМ – это обобщенная модель природы о материи, движении, взаимодействии, пространстве-времени, причинности, закономерностях.) Почему ФКМ как система знаний меняется с течением времени? Какие физические картины мира вы знаете? Как они связаны между собой? (Ответ. Физические картины мира: механическая, статистическая, электродинамическая, вантовая. В каждой картине мира «новое» знание опирается на «старое». Их взаимоотношения регулируются принципами дополнительности и соответствия.) Что называют физическим принципом? (Ответ. Принцип – руководящая идея, первоначало, основное правило деятельности, в нашем случае при познании физических явлений.) Какие фундаментальные теории лежат в основе современной физической картины мира? (Ответ. Механика, молекулярная физика, электродинамика, квантовая физика)

Рис. 2.25. Современная ФКМ



5. Физические теории и границы их применимости.

Научное знание отличается строгостью, оно для своей модели объекта или явления не стареет ни в пространстве, ни во времени. (Оно может быть только сконструировано, изменено, отвергнуто...) Физическое знание в этом отношении является образцом. Масса эталонного тела в 1 кг и в следующем году будет 1 кг. Отсюда, во-первых, физические знания со своей точностью позволяют предсказывать свойства физических систем, во-вторых, позволяют понять повторяемость явлений окружающей нас природы.

На основе физических законов легко предсказать, как будет падать мячик, если его через 100 лет бросит вверх школьник, студент или учитель. Можно рассчитать поведение здания в условиях землетрясения, коллективы физиков предсказывают поведение элементарных частиц в ускорителях... Итак, современная человеческая деятельность во всех областях строится на основе прогностической функции научных знаний, но не надо забывать «не идеальность» идеальных научных знаний.

Физические теории (как любые знания) имеют свои **границы применимости**. Например, механика Ньютона не справедлива для тел, движущихся с большими скоростями. На схеме (рис. 2.26) изображена своеобразная «карта знаний». Здесь ориентировочно показано место физических знаний при описании физических объектов в масштабе скоростей от нуля до скорости света. В школе мы изучали в основном классическую физику. Но мир физических явлений

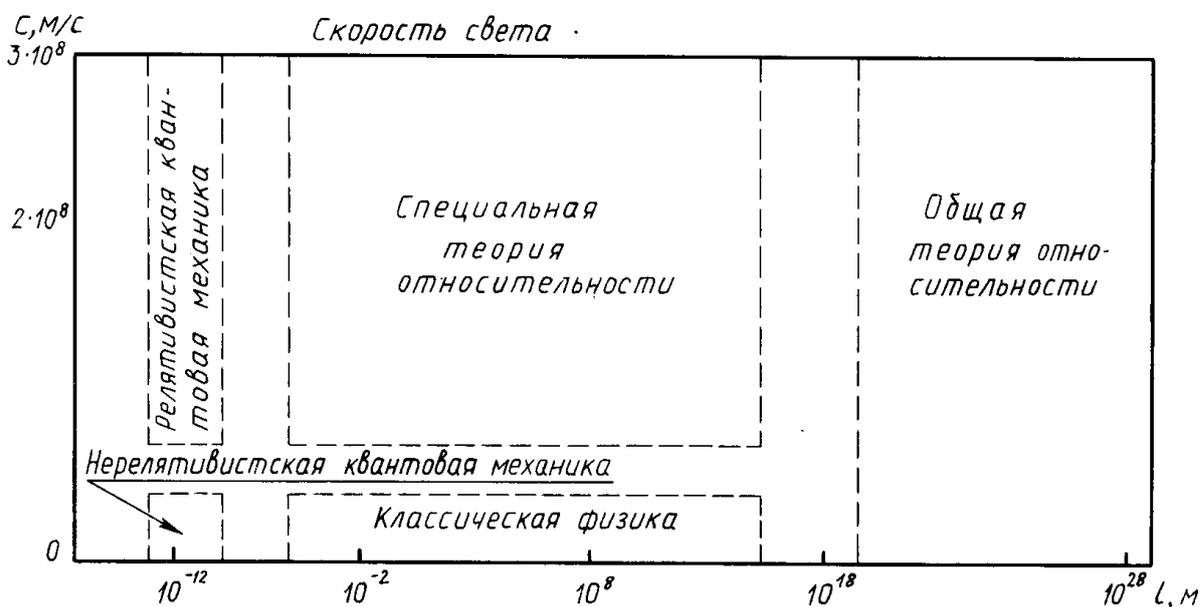


Рис. 2.26

гораздо масштабнее! Важно учесть, что для каждой пространственно-временной области существуют свои системы знаний – физические теории. Так, нерелятивистская квантовая механика описывает движение микрочастиц с малыми скоростями, поэтому она и называется нерелятивистской.

Каждая теория в мире знаний имеет свое относительно независимое место. Заметим, что, например, классическая механика занимает сравнительно мало места на карте знаний, но эта область физического мира изучена сравнительно хорошо. Границы применимости наиболее известных моделей объектов фундаментальных физических теорий приведены в таблице 2.3. Например, хотя представления об атоме в форме планетарной модели широко распространены, но это модельные представления. И они весьма ограничены. Мы уже изучали, что в современной физике движение микрочастицы не характеризуется траекторией! А значит, и планетарная модель атома – только модель.

Таблица 2.3

Теория	Модель объекта	Границы применимости модели
Механика	Материальная точка	Размерами тела нельзя пренебречь при решении задачи, наличие внутренних движений
Молекулярная физика	Идеальный газ	Частицы газа взаимодействуют на расстоянии, размерами частиц нельзя пренебречь
Электродинамика	Однородное электрическое поле	Только для сравнительно малой области пространства и времени
Квантовая физика	Планетарная модель атома	Для объяснения состава и структурного строения атома

Примеры учебных заданий: 1. При изучении интенсивности излучения, проникающего в трубку счетчика Гейгера, при увеличении расстояния до радиоактивного препарата была предложена гипотеза: интенсивность уменьшается прямо пропорционально расстоянию. Экспериментально докажете справедливость теоретического предположения. (Решение. Сначала собираем цепь по схеме (рис. 2.27), электронный счетчик-секундомер ССЭШ работает

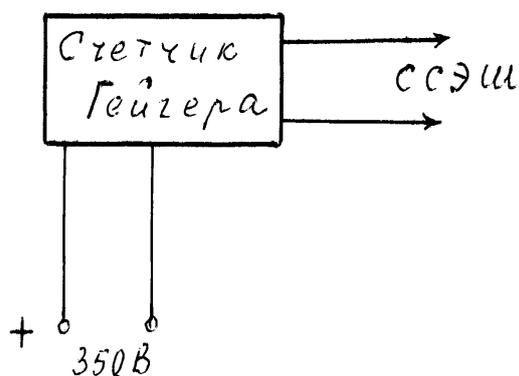


Рис. 2.27

в режиме счета импульсов. Оборудование: электронный счетчик-секундомер, индикатор ионизирующих частиц демонстрационный (счетчик Гейгера), выпрямитель универсальный, радиоактивный препарат, секундомер, штатив.

Затем определяем радиоактивный фон. Для этого отпускаем предварительно нажатую кнопку «сброс», включаем секундомер на 3 минуты, находим среднее значение импульсов за минуту. Например, в измерении получено 10 импульсов в минуту. Это сравнительно малый фон. Проводим опыт:

подносим источник радиоактивного излучения примерно на расстояние 10 см от трубки счетчика ионизирующих частиц, включаем счетчик и секундомер. Фиксируем в десятки раз большее число импульсов в минуту. Передвигаем источник радиоактивного излучения на расстояние в два раза больше от трубки,

т.е. на 20 см. Повторяем опыт и наблюдаем значительное уменьшение числа импульсов, существенно больше, чем в два раза. Выводы: Даже отдельный периментальный факт может отклонить гипотезу. В нашем случае интенсивность излучение изменяется быстрее, чем прямо пропорциональная мость, значит, высказанная гипотеза не верная или не точная. Следует вать, что интенсивность излучения, регистрируемого счетчиком, может сеть не только от расстояния, но и от процесса поглощения воздухом части «бета»-частиц. Нужны новые гипотезы! И новые факты!) 2. Знаем ли мы границы физического мира? (Ответ. Нет, точно ни по времени, ни по области пространства, ни по явлениям не знаем.) Есть ли ещё не открытые физические явления? (Ответ. Есть, неограниченно большое множество. Но, может быть, для человека на Земле мы открыли основные законы.) Каковы границы применимости знания об однородном пространстве? (Ответ. Около массивных звезд пространство уже не однородно.). 3. Постройте и заполните таблицу 2.4, в которой заданы по вашему выбору две-три типичных модели физических объектов и явлений для каждой ФКМ. 4. Постройте систему знаний о явлении электромагнитной индукции по логике «факты – гипотеза-модель – следствия – эксперимент». 5. Для фундаментальной теории известна следующая структура знаний: «Основание – Ядро – Выводы, следствия». Постройте для электродинамики содержание теории по этой логике. 6. С помощью учебника выясните, какие структурные уровни организации материи изучались в школе. Можно ли говорить об этом знаний как о модельном? (Ответ. Элементарные частицы, ядра, атомы, молекулы, тела, планеты, звезды, скопления звезд, галактики, скопления галактик, Метагалактика.) 7. Сколько «истинно» элементарных частиц сейчас известно? Сложный вопрос: истинное это знание или нет? (Ответ. Это лептоны, т.е. электрон, мезоны, нейтрино и их античастицы, это кварки с антикварками, всего их 36, это 6 частиц переносчиков взаимодействий – фотоны, гравитоны, глюоны, векторные бозоны. Всего около 50 частиц. Это не окончательное знание, да и вообще такого не бывает.) 8. Каковы исходные идеи механической картины мира? (Ответ. Представления об абсолютном, т.е. не измененном, пространстве и времени, о мгновенном механизме взаимодействия тел на расстоянии – принципе дальнего действия.) 9. Почему предсказания явлений на основе физических законов не всегда сбываются? (Ответ. Во-первых, данный закон может быть неточный для данного явления, во-вторых, может быть не поставлены нужные эксперименты или может быть не изобретены точные приборы... Словом, причин может быть много.)

Таблица 2.4

ФКМ	Модели объекта	Модели явления
Механическая		
Электродинамическая		
Квантово-статистическая		

* *
*

С нашей точки зрения, основной проблемой теории и практики использования моделей в физическом образовании является неразработанность методической техники.

Глава III. Проблемы и приёмы организации учебной деятельности моделирования

Однажды сформированная способность
действовать самостоятельно и разумно
делается неодолимой потребностью и
будет обнаруживать себя во всём –
и в учёбе, и в труде, и в отношениях с другими людьми,
и в научном мышлении.
*Э. В. Ильенков**

То, что мыслимо, также возможно.
*Л. Витгенштейн***

В познании процесс моделирования, конечно, принципиальнее и содержательнее, чем результат – модель. В обучении организация учебной деятельности моделирования – ключ к успехам. Об этом убедительно писали В. В. Давыдов и Л. М. Фридман.

3.1. Моделирование как фундаментальная учебная деятельность***

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.

* Ильенков Э. В. *Философия и культура*. М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2010. С. 60.

** Витгенштейн Л. *Логико-философский трактат*. М.: «Каоон+» РООИ «Реабилитация», 2014. С. 50.

*** Впервые опубликовано в журнале «Сибирский учитель» (2013. № 2. С. 5–16); здесь для целостности сохранены некоторые повторы.

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 слукавить – это прямой вред будущему, незнание 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. Хотя 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. А массовая практика, обычно, требует широких технологических решений. 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 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...

Как сделать теоретическое описание моделирования системным? Ниже, отчасти в повторении и развитии, выделим основные элементы, необходимые для построения этой учебной деятельности.

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 познать 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 педагогике, психологии, дидактике, методологии 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 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.

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

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 (1977).

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.

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*.

О структуре учебной деятельности моделирования.

Во-первых, по-видимому, любая учебная деятельность имеет общую структуру как внешнюю ориентировку деятельности. В. В. Давыдов выделял потребности, мотивы, задачи, средства решения задач, действия и операции [39, с. 27–28]. Другие авторы (например, П. Я. Гальперин, И. И. Ильясов, Н. Г. Салмина) выделяют иные структурные элементы деятельности. В итоге ясности в общей структуре деятельности моделирования для методики пока мало. Во-вторых, не совсем понятно, надо ли и как в структуре задать сущностную черту моделирования – замещение. На предметном содержании это первый шаг, второй – выяснение, присвоение свойств-черт модели, третий – использование модели вплоть до границ применимости. В-третьих, несомненно, если брать моделирование как ведущую учебную деятельность в предметном поле методики физики, то надо учитывать её выражение через сложную структуру процессов (см. далее).

Отношение моделирования и фундаментальных познавательных процессов – восприятия, понимания, мышления, рефлексии, коммуникации – в деталях пока представлено плохо. Что здесь ведущее, а что – ведомое?

Отношение модели и чувственного образа. Чувственный образ – субъективное образование, в котором фиксируется в большей

* Отдельного разговора требует использование математических моделей в обучении физике (см., например, интересные книги Ю. И. Неймарка «Математические модели естествознания и техники. Н. Новгород: Изд-во НГУ, 1994, 1996, 1997»).

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.

Повторим, что при познании явлений, в том числе и при построении моделей, нет простого созерцания. Уже признана роль внешних и внутренних ориентировок деятельности (фильтров по В. В. Налимову) для формирования образа реальности [19, 23, 39, 51–52, 79, 110–11, 118, 120, 164, 167]. Устойчивость (инвариантность) образов реальности обеспечивается моделями.

Использование моделей и функционирование системы понятий. Невозможно определить место моделей без уяснения отношения между этим понятием и другими категориальными для методики обучения физике понятиями. Ранее об этом в общем плане уже говорилось (с. 33 и др.). Как это определяет структуру деятельности моделирования?

По-видимому, следует признать, что модель как понятие стоит в ряду других фундаментальных физических понятий – материя, вещество и поле, движение, объект, система, взаимодействие... Например, важным является отношение к системе как к модели и задание взаимодействия через модель взаимодействия в разных физических теориях (в механике – дальное действие, в электродинамике – полевое близкое действие, в квантовой физике – обменный квантово-релятивистский механизм). Отсюда место моделей в содержании физического образования должно быть явно нормативно выделено.

Процессуально, конечно, приоритет деятельности моделирования как учебной деятельности. Внешне, под углом зрения управления, эта учебная деятельность захватывает (использует) все содержательные представления о физических (и методических) моделях.

Следствия – методическая деятельность по освоению моделирования.

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 оправданна 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.**

Повторим, первая группа – это 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. 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).

Вторая группа физических понятий обозначает и задаёт модели объектов и явлений. Не всегда мы осознаём, что в природе нет однородного электрического поля, что кристаллическая решётка – модель.

Третья группа понятий задаёт уровень количественного познания, что 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, несомненно, по природе – модельные образования. В материальной реальности, очевидно, их нет.

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 стано-

вится 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.

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. Но без знаков (моделей) нет научного мышления.

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 знаковыми 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 здесь отсутствует, а она 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 соци-

альной 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 [148, 149].

- 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).

Мысль

Трудно понять в обучении любовь к физическим объектам и знакам саму по себе. Тогда что остаётся: любовь (интерес, страсть) к познанию, т. е. к процессам установления связи объектов и знаков...

- 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 утверждал: «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) дея-

тельности, 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, 1975).

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 деятельность моделирования, и на мышление как деятельность, т. е. мышление тоже 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. Здесь мы подчеркнём, что в описании моделирование выступает как метод, за-

даёт или организует фундаментальный процесс. 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, т. е. построения модели.

Повторим, в определении мышления уже достаточно четко задается отношение «объект – знак». Это отношение во всех аспектах

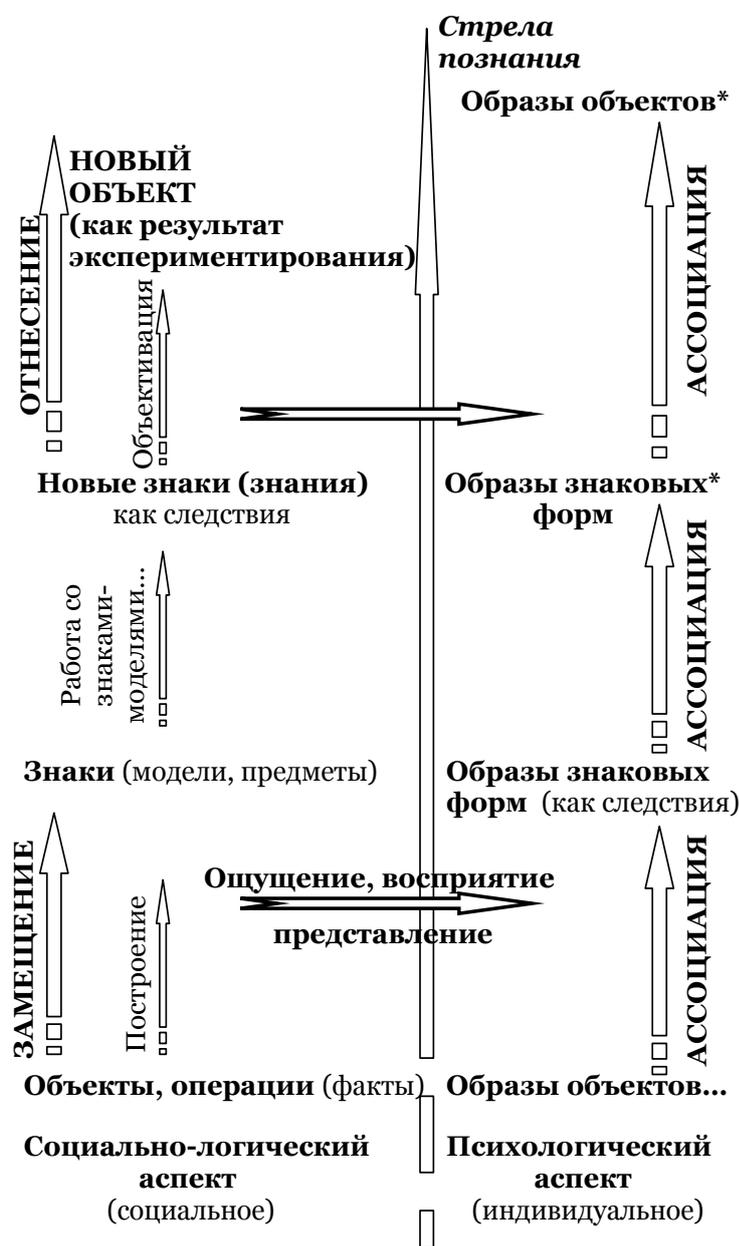


Рис.3.1

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).

Перспективной, на наш взгляд, является следующая схема-модель знакового мышления (рис. 3.1): социально-деятельностное по природе отношение **А** «объекты – знаки» находит отражение в психолого-физиологическом отношении **В** «образы объектов и операций – образы знаковых форм и опера-

ций 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 (рис. 3.1), 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. Повторим и подчеркнём, что 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» (В. Б. Губин, 2005, с. 9, 13).

А. Эйнштейн, как бы заранее поддерживая мысль Г. П. Щедровицкого, писал: «Наука занимается совокупностью первичных понятий, т.е. понятиями, непосредственно связанными 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».

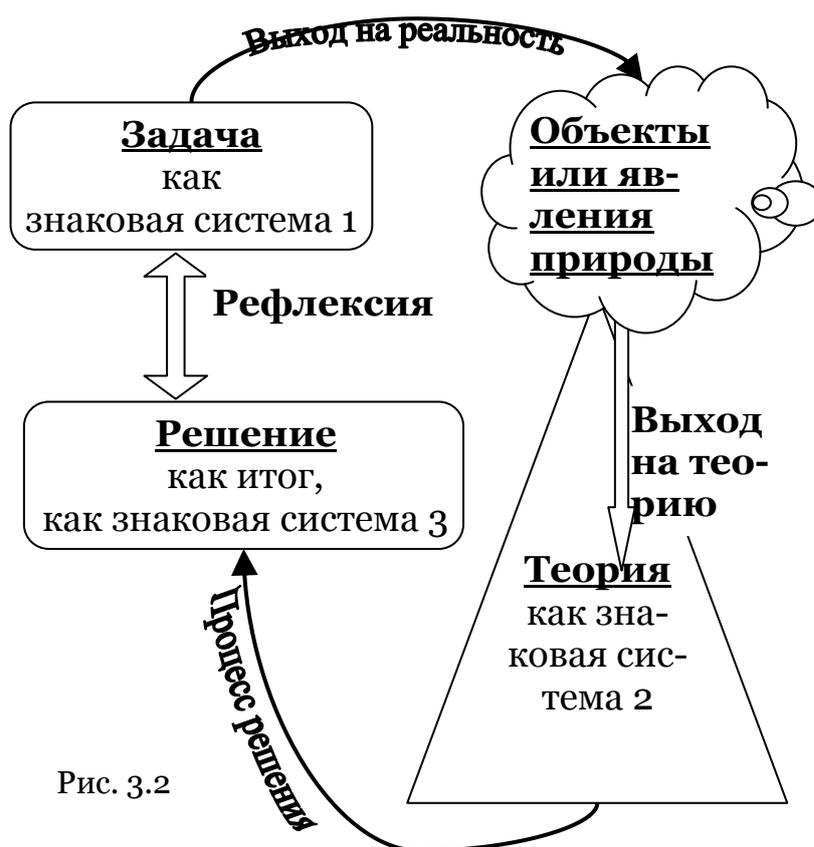


Рис. 3.2

теза, модель – следствия – эксперимент, практика» (В. Г. Разумовский и др.).

- 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 (Н. Н. Моисеев, 1998; В. С. Степин, 2000).

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

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. 3.2). Здесь 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 экс-

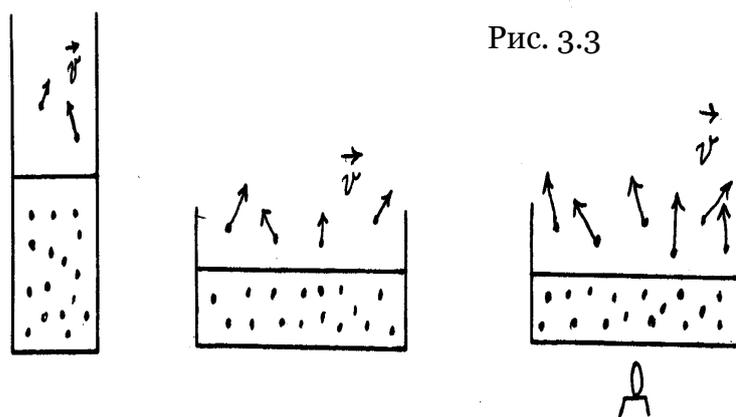


Рис. 3.3

периментальные задачи! Общество физиков, методистов, учителей должно быть едино в усиллии – 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 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. 3.3). При её изучении (теоретическом исследовании!) осваиваются необходимые знания: Как движутся частицы

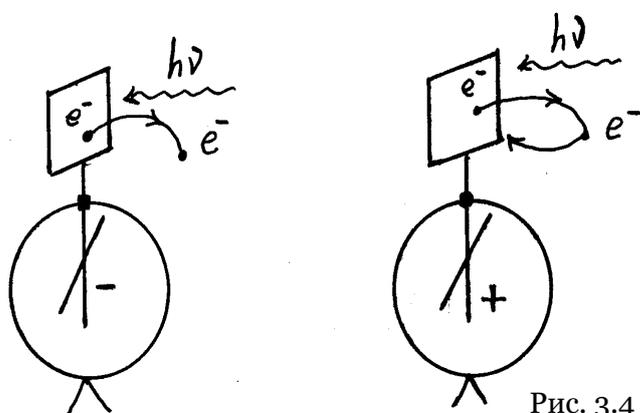


Рис. 3.4

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 схемами-рисунками (рис. 3.4), по экспериментальным сюжетам. Вопросы при изучении модели: 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?

В целом любые теоретические обобщения школьного курса физики невозможны без явного использования моделей. В учебнике физики нового поколения приведен пример рассмотрения современной физической картины мира как модели [136].

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

3.2. Использование моделей в деятельности по решению школьных физических задач

Задача по природе – социокультурный объект, рукотворный, исторический; задача – это полипроцесс, её множественное описание (моделирование) нормативно. Учебная задача, что всегда шире физической задачи, в современной методической практике становится системообразующей образования. Её предназначение и эффективность в итоге определяются этапом развития человеческой деятельности вообще, конкретной предметной деятельности, в частности. Классификация задач по видам многофакторная: по функциям, по методам решения, по форме задания и др. Структура задачи как объекта – структура её решения; она меняется по мере изменения самой деятельности. Отсюда задачи – всегда модели. Чего? Общий ответ – деятельности. В обучении доминирующим образом их формулировка, отбор и предназначение зависят от учебной деятельности (В. В. Давыдов, Л. М. Фридман и др.). Крупные деятели задают свои особенные задачи, которые двигают вперед развитие данной области.

Учебная деятельность при решении физических задач должна организовываться по известной схеме «анализ текста и анализ физического явления – идея или план решения – решение – анализ решения», что хорошо согласуется с логикой научного метода познания. Необходим более широкий взгляд на саму задачу и процедуры работы с ней. Опираясь на опыт [16, 29–30, 43, 70–71, 75, 89, 122, 175, 201], назовем важные, с точки зрения методологии, положения методики деятельности с задачами.

Стратегически должно быть изменено отношение к школьной учебной задаче. Во-первых, это образование мышления и деятельности, во-вторых, по функции – это средство, инструмент воспроизводства мышления и деятельности в условиях обучения (усвоение нормы), в-третьих, это объект изучения и исследования. Учебная деятельность по решению задач – это увлекательная (совместная, напряженная, эмоциональная, всегда результативная) деятельность по достижению победы над самим собой, над материалом задачи. Не так важно, какие справочники вы используете, в какой консультации нуждаетесь, как быстро решаете. **Главное – усвоить методы научного мышления и деятельности (шире – опыт).**

Учебные физические задачи в большинстве случаев сформулированы в рамках правил теории, фактически связаны и направлены на освоение знаний этой теории. Это неплохо. Но необходимо, что принципиально важно, ставить и решать проблемы описания физической реальности при работе с любой задачей. Именно тогда вскрывается «модельность» наших представлений, именно тогда формируются творческие умения находить (строить) нужные мето-

ды решения, понимать их ограниченность. Здесь громадный ресурс интереса к физическому познанию. В этом отношении трудно переоценить экспериментальные задачи. Сообщество физиков, методистов, учителей должно быть едино в усилении – ни урока без экспериментальной задачи! А это, в том числе, и умение «видеть» задачи вокруг себя.

Процедуры-регламенты деятельности преподавания для освоения новых норм деятельности. За последние 10–15 лет предприняты существенные усилия для изменения деятельности преподавания под задачу освоения методологии познавательной деятельности. Конкретизируем на примерах некоторые методические решения.

- Постоянно, ежедневно закладывать следующую норму познавательной деятельности «модель – реальность» или «реальность – модель». Например, редко, но все же иногда встречается следующее определение: «Световой луч – это упрощенная модель узкого пучка света». Здесь выделен объект – пучок света, что уже революция. Но почему, упрощенная? Модель вскрывает суть объекта или явления, и это углубление, а не упрощение. Как решить, например, проблему: могут ли затухать свободные колебания? А если по определению нет, то, значит, это модель, а не явление. Какое же явление мы тогда наблюдаем, описываем?

- В текущем режиме усвоения знаний отрабатываются через вопросы нормы научного метода познания. Например: Какие гипотезы были выдвинуты Галилеем при исследовании движения тела под действием постоянной силы? В чем состоят особенности мысленных экспериментов? При каких условиях тело можно считать материальной точкой? Является ли масса свойством тела? Какое физическое явление описывает закон Архимеда? Какие особенности броуновского движения позволяют утверждать, что это явление косвенно подтверждает гипотезу о дискретном строении вещества? Какие экспериментальные факты могут послужить основанием для предположения о существовании зависимости между температурой и давлением некоторой массы газа при постоянном объеме? Какие факты позволяют высказать предположение о плотной упаковке частиц в жидкости? Какую гипотезу выдвинул М. Планк для объяснения результатов экспериментального исследования излучения черного тела? Опишите модель атома, предложенную Томсоном. Что в планетарной модели является достоверно установленными фактами, а что – гипотетическими представлениями?

- Чтобы новые средства решения (процедуры деятельности) появлялись (проявлялись) должна быть рефлексия над практикой решения задач. Субъективно новое в деятельности по решению (что всегда есть) должно закрепляться, *объективироваться* в норме. Фактически любая методическая задача заключается в «пре-

вращении» деятельности решения (решАния по А. А. Устиловской) в средства, в способности субъекта.

Отношение к учебной физической задаче как к объекту изучения и исследования определяет, с нашей точки зрения, новый этап развития методики решения задач.* Природа затруднений при решении задач многосложная, но в том числе одна из главных причин – непонимание сути и смысла такого дидактического образования как учебная задача. В итоге – неосознанные формальные ориентировки деятельности, а отсюда и формальные знания. Хотя очевидно, что физическое мышление формируется во многом при решении задач, но в массовой школе качество этого процесса невысокое. И одна из причин – методически несвоевременное отношение к задаче.

Назовем наиболее актуальные **проблемы сегодняшней практики решения задач**.

- Школьная учебная физическая задача обычно только упрощенная физическая задача, причем адаптация чаще всего идет по содержанию предмета. Пока нет ни принципов, ни практики построения систем задач (задачников) нового поколения.

- Учебная задача не рассматривается как форма организации или средство освоения опыта деятельности («опыта рода»), а изменение осваиваемого опыта деятельности требует изменения работы по использованию задач, составлению новых задач. К сожалению, индивидуализация привела к необоснованному вымыванию коллективной познавательной деятельности при решении задач. На наш взгляд, верной является критика И. Г. Пустильника традиционной практики отношения к задаче как только к решению ее по некому алгоритму, без постановки вопроса о формировании интеллектуальных умений **искать решение задачи** (1997, с. 88).

- В практике обучения массовой школы снижены деятельностные аспекты работы с задачей: решение задач «по формуле»

Мысль

Способ деятельности мышления может и должен быть онтологизирован в жизни нормы-знака и транслирован в методической деятельности, то есть передан в обучении. Вот почему при решении всех физических задач «умные» учителя так тщательно работают с рисунками.

Определение материальной точки еще не модель, а вот ее схема – модель, значит, при решении задач надо иметь как минимум два рисунка: а) одно изображение реальности, то есть онтологическая картинка по Г. П. Щедровицкому, б) второй – изображение модели, с которым можно работать (добавлять характеристик – скоростей, ускорений, сил, строить уравнения...).

*Орлов В. А., Сауров Ю. А. Норма для практики, или будущее принципа цикличности // Учебная физика. 2010. № 1. С. 36–45; Орлов В. А., Сауров Ю. А. Практика решения физических задач: 10-11 классы: учебное пособие для учащихся общеобразоват. учреждений. М.: Вентана-Граф, 2010. 272 с.

доминирует, рефлексивная деятельность отсутствует, процессы понимания, мышления, коммуникации не учитываются в методике... Академик П. Л. Капица многократно подчеркивал значение «самостоятельности мышления» школьников и студентов и, в частности, писал: «Наш опыт показывает, что задачи, которые дают обычно в сборниках, не всегда имеют тот характер, который воспитывает самостоятельность мышления» (1974, с. 156).

- Опыт деятельности экспериментирования и моделирования как ведущих учебных деятельностей в обучении физике плохо учитывается при конструировании и использовании задач.

Формально задача – знаковый объект и требует к себе отношения как к системе знаков. Известно, что процесс решения понимается как перемоделирование условий, то есть как изменение и развитие знаковой системы. В целом школьная учебная физическая задача, во-первых, в главной и доминирующей функции – дидактическая модель, во-вторых, по содержанию – это физическая модель, с которой надо освоить умение работать с системами физических знаний, в-третьих, по процессам деятельности с задачей – это некая методологическая модель, нацеленная на освоение метода научного познания. Отсюда и трудности организации деятельности при решении задач. Заметим, что формально задаваемые и решаемые задачи весьма ограниченно готовят к трудовой деятельности.

Мышление при решении задач, во-первых, организуется (а, значит, задается нормативно), во-вторых, происходит, существует (а, значит, некий духовный процесс). Доминирующим подходом психологов, педагогов, методистов в формировании мышления при решении задач остается теоретическая позиция «внешняя деятельность – психологические новообразования» (интериоризация опыта). Методисты ориентированы на выделение макро-характеристик обычно на языке действий (умений) как представлений мышления. Если это делается в системе, то, по-видимому, задает мышление на языке деятельности. Ниже, в частности, это конкретизирована в форме выделения этапов решения задачи.

Постановка научной проблемы. Следует признать, что за последние двадцать лет понимание норм мышления и мировоззрения усложнилось, но в реальности деятельность школьников фактически не изменилась. Никакое дополнительное физическое содержание уже не даст принципиального эффекта, если не будет изменена сама деятельность. Эта установка пока все еще принимается в муках.

Вот почему, по нашему мнению, ключевым для продвижения в формировании мышления школьников является изменение отношения к физической задаче и процедурам по ее решению. Исторически эта проблема уходит в послевоенные годы. Сейчас для ее решения есть основания: а) неплохая теоретическая основа в лице

психологии, педагогики и методики физики, б) демократизация учебного процесса, в) востребованность умений решать задачи как в узком смысле обучения (ЕГЭ и другие формы итоговой аттестации), так в широком смысле для повседневной жизни, для управления, производства, науки.

Вопросы методологии при решении задач. Повторим, современное мышление и деятельность, как социальные по природе образования, включают в себя исторически выработанные разные приемы и способы, разные по иерархии и содержанию знания. Практически все они могут и должны быть представлены в форме учебной физической задачи. Для целей обучения физике это трудно переоценить. Школьная учебная физическая задача, во-первых, это образование мышления и деятельности, во-вторых, по функции – это средство, инструмент воспроизводства мышления и деятельности в условиях обучения (усвоение нормы), в-третьих, это объект изучения и исследования, в-четвертых, это интеллектуальный инструмент освоения реальности, в частности, физической. Отсюда и особенности отношения субъекта с задачей (рис. 3.5). Здесь 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, фактически придавая ему функции модели.

При описании учебной деятельности при решении задач специалисты выделяют: а) фактор структуры задач – нахождение искомого, доказательство, конструирование; б) общую структуру деятельности (варианты: организационно-феноменологические этапы решения задач; ориентировочная, исполнительная, контрольная деятельность); в) деятельность моделирования на всех этапах решения задачи; г) нормы культуры в отношении к задаче и деятельности с ней, в том числе разные ориентировки деятельности; д) составление и использование новых задач, то есть творчество при работе с задачей – в широком смысле, экспериментирование; е) развитие таких общих интеллектуальных качеств как выделение объекта (характеристик, действий, типа задачи и др.), анализ (условий задачи, явления и др.), построение моделей (предметные или материальные, мысленные, логико-схематические, табличные, графические, математические и др.), выделение и осознание затруднений, систематизация и рефлексия деятельности и др. (В. Г. Разумовский, В. А. Орлов, Ю. А. Сауров, Л. М. Фридман, Г. А. Бутырский, Г. А. Вайзер, К. А. Коханов и др.). Не познаватель-

ная деятельность, не учебная деятельность, не мыслительная деятельность, а собственно мышление в узком смысле этого слова внешне проявляется при решении задач, прежде всего, при работе (анализ, синтез, конструирование...) со схемами-моделями на доске (чистое мышление), при понятийном внешне речевом диалоге с учителем или учеником (мысль-коммуникация), в рефлексивном отношении к познавательным действиям и их выражении в схемах и речи, в творческом конструировании задач и способов их решения и др.

Учебные физические задачи в большинстве случаев сформулированы в рамках правил теории, фактически связаны *и направлены на освоение знаний этой теории. Это неплохо. 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. Вспомним, как интересны экспериментальные задачи! Общество физиков, методистов, учителей должно быть едино в усилении – ни урока без экспериментальной задачи! А это, в том числе, и умение видеть задачи вокруг себя.

Конкретное предложение (следствие). Инвариантная структура деятельности при решении задачи представлена на схеме (рис. 3.5). Через содержание и учебные действия она феноменологически задает представление о структуре и процессах мышления ученика.

Для обогащения процессов мышления при решении задач следует формировать новые виды деятельности. Одним примером является использование составления задач как средства (метода) организации мышления школьников с целью освоения умений решать задачи.

Другим примером является построение и использование в процессах обучения новых видов учебных задач (или задач с **новыми функциями**), к которым, прежде всего, относим задачи с методологическим содержанием. Важно определить образцы таких заданий и задач. Они требуют новой деятельности с задачей, новых знаний и, как следствие, лучше формируют те или иные черты единого феномена мышления. Ниже и обозначен их дидактический потенциал.

- На определение **статуса знания** (понятий, законов, фактов, принципов и т.д.). Например. В учебнике написано: «В замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц остается неизменной». Это утверждение является а) определением явления, б) физическим законом, в) опытным фактом, г) названием явления (из приведенных ответов выберите верный ответ).

- На использование **моделей и моделирования** при познании природы, на функции моделей в физике. Например, в задачах находят отражение ответы на вопросы: Можно ли считать математический маятник моделью? Ответ всесторонне обосновать.

ОБЩИЙ ПЛАН РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ



Рис. 3.5

Можно ли считать моделью наблюдаемые на экране волны, полученные в результате отражения света от волн, бегущих на поверхности воды? В чем основной недостаток представлений о гармонической волне? Чем модель атома по Бору отличалась от модели атома Резерфорда? Каковы недостатки модели атома по Бору? Как они были преодолены?

- На **выдвижение гипотез**, их доказательство теоретическими и экспериментальными методами. Например. Как без проведения эксперимента доказать следующую гипотезу: я могу свободно сдвинуть с места шкаф с книгами? Всегда ли верно, что для доказательства гипотезы удобно использовать экспериментальный метод? Приведите в качестве аргументов примеры.

- На понимание того, что с объектами науки надо работать как с объектами науки, а не как с реальными предметами: не пытайтесь потрогать массу, подышать идеальным газом и т. д.

- На различные аспекты **построения научного знания**: структура теории, виды знания, функции знания и др. Например, обсуждаются вопросы: Чем отличается наблюдение от эксперимента? (Ответ: наблюдение – изучение происходящих явлений в природе, эксперимент – это искусственное производство физического явления.) Какие источники физических знаний вам известны? (Ответ: наблюдения, эксперименты, теоретическая деятельность. При ответе на подобные вопросы необходимо обращение к авторитетам, цитирование работ классиков.) В каком случае новая физическая теория будет вполне удовлетворительной, если она: а) объясняет половину известных фактов; б) хорошо согласуется с известной теорией; в) основана на здравом смысле; г) удобна для использования; д) объясняет известные факты и предсказывает новые.

- На закономерности (особенности) **развития научного знания**, науки: абсолютность и относительность знания, связь научного знания с практикой, гуманистическая направленность научного знания, роль теории в современном обществе, роль знаний в жизни человека и др. Например, известный физик, лауреат Нобелевской премии В. Л. Гинзбург выделяет следующие особенности развития научного знания: а) переход от экспоненциального роста внешних показателей научного развития на режим насыщения, б) при относительном постоянстве условий, ресурсов сохранение темпа роста научного знания, в) отсутствие возможностей для сколько-либо существенного повышения эффективности творческой деятельности (см.: Как развивается наука? Замечания по поводу книги Т. Куна «Структура научных революций» // Природа. 1976. № 6. с. 73-85). Приведите примеры в качестве доказательства действия данных факторов при производстве научных знаний. Каковы основные показатели развития физики? Каковы основные закономерности (черты) развития физики?

- На конкретные методы и **методики научного исследования**: макроскопическое и микроскопическое описание объектов, статистические и динамические закономерности, системный анализ, математика как язык физики, мысленный эксперимент и др.

- На особенности **экспериментального метода познания**: связь теории и опыта, взаимодействие прибора и объекта, интерпретация результатов эксперимента, экстраполяция и интерполяция, проблема точности экспериментальных данных, природа погрешностей, приемы расчета погрешностей и др. Для чего в научных исследованиях стараются повысить точность измерений? Почему ученые, фиксируя результаты измерений, приводят и пределы погрешностей измерений? Приведите примеры таких записей. Каким требованиям должен удовлетворять научный эксперимент? (Ответ: воспроизводим, имеет цель, всегда является модельным, предполагает интерпретацию результатов, не дает абсолютных выводов). Каковы особенности мысленного эксперимента? (Ответ: эксперимент с идеальными объектами или явлениями на основе системы теоретических правил или теории, эксперимент без погрешностей, теоретическое моделирование по логике (этапам) физического эксперимента, логический эксперимент над понятиями, законами, представлениями и т. п.)

- На **отделение объектов природы от объектов науки**, то есть от средств описания: объекты природы и объекты науки (классификация), познаваемость объектов природы, непрерывность познания, проблема выбора средств описания, иерархия моделей, рациональное и нерациональное знания и др. Например. Можно ли утверждать, что классическая механика ошибочна, ибо она не дает точного описания механического движения и даже непримени-

ма для тел, движущихся с большими скоростями? Можно ли определение границ применимости теории считать признаком а) несовершенства теории, б) неверности теории? Есть ли границы применимости у науки?

- На **конструирование** (теоретическое и экспериментальное) объектов, задач, проблем. Пример: предложите сто задач со спичечным коробком.

- На комплексное **исследование физического объекта**: разные явления, разные средства описания и др. Например: опишите все физические свойства предложенного объекта (деревянного бруска, металлической монеты, воздуха в классной комнате и др.).

Итак, особенности внешней деятельности при работе с задачей задают **особенности физического мышления**: выделение в понятиях объектов деятельности; интеллектуальный выбор целей, методов, ориентировок внешней деятельности с объектами; выражение методов и результатов деятельности в знаковых моделях; теоретическое исследование моделей; обобщение результатов, планирование в понятиях мысленных и реальных экспериментов для доказательства эффективности моделей; рефлексия мыслительной деятельности.

Работа с фактами при решении физических задач. Деятельность с фактами при решении задачи складывается из принципиально трех видов работы: выделения элементов текста задачи и их понимания, интерпретации (термины, символы, понятия); определения физических объектов и явлений, их свойств, характеристик; работы с объектами (некими фактами) используемого языка описания, то есть обычно математическими объектами. Важно понять, что обычно к фактам в обучении относят некие нормативные образования, нормы. Они, несомненно, несут в большей или меньшей степени субъективную новизну для любого ученика. Объективно новые факты – это результат научного исследования; они могут встречаться в обучении, но весьма редко. Итак, к фактам при решении задачи могут быть отнесены: а) объекты и явления реальности, б) свойства объектов и явлений, в) значения физических констант, справочные данные физических величин и т.п., г) некоторые общеизвестные положения, в целом знания, например, понятия о материи, материальной точке как модели тела, формулы законов и др.

Приведем примеры необходимого отношения учителя **к процессу решения**.

Пример 1. Почему, прежде чем налить крутой кипяток в толстостенный стакан, в него опускают металлическую ложку?

Типичное решение задачи такое: ложка обладает большой теплоемкостью, и вода тем самым охлаждается. Но верно ли это решение? Для ответа надо поработать с теоретическими фактами.

Оценим дополнительную внутреннюю энергию воды в стакане при ее нагревании, допустим, при нагревании от 20 до 100°C. Получаем $Q = cm\Delta t = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К} \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 80 \text{ К} = 67200 \text{ Дж}$. Количество теплоты, которое получит ложка: $Q = 440 \cdot 0,02 \cdot 80 = 704 \text{ Дж}$. Вывод: ложка сравнительно мало отберет энергии от воды, примерно 1%. На этом факте возникает реальное сомнение: верно ли решение?

Придется вновь повторить вопрос: при каких условиях стакан треснет? Можно предположить, что это произойдет из-за неравномерного нагрева стекла. И факт, что металлическая ложка играет существенную роль при этом. Какую? Очевидно, при большой теплопроводности металла наличие ложки делает нагрев стакана более равномерным. Как экспериментально доказать это предположение? Можно попробовать заменить металлическую деревянной ложкой.

Последняя к тому же имеет удельную теплоемкость примерно в пять раз больше железа.

Методический вывод. Факт (эмпирический и теоретический) играет ключевую роль при решении задач, важно найти нужный факт и уметь его использовать при решении. Факты при решении задачи подбираются под цель, их отбор и значение сильно зависит от модели (гипотезы) явления, то есть факт не абсолютен.

Выдвижение гипотез при решении задач. У любой задачи переход от общего описания явления (косвенно или прямо) в тексте к конкретной задачной ситуации, а затем к модели явления – труден. Так или иначе, он сопровождается предположениями, то есть гипотетическими условиями, ограничениями и т. п. Чем лучше школьники будут видеть гипотезы, то есть выполнять эти интеллектуальные действия, тем полноценнее их физическое мышление. В наиболее явном виде гипотезы чаще применяются при решении экспериментальных, качественных задач, задач на «черный ящик» и задач «на оценку». Приведем примеры.

Пример 1. Оцените предел радиуса слышимости разговора на открытом воздухе (задача Капицы).

Качественные по формулировке задачи Капицы – всегда довольно сложные для решения. Они предполагают несколько уровней решения в зависимости от подготовки. Фактически речь идет о построении нескольких моделей разной степени точности для описания того сюжета, который задан в задаче. В прямом смысле это не просто задачи, а задачи-проблемы. Метод их решения ученику не известен. Выдвигать идеи-гипотезы, строить на их основе теоретические модели, находить нужные параметры – вот общий и весьма продуктивный ориентир для решения подобных задач.

Гипотеза-модель 1. Сначала выделим в описанном событии физическое явление: это распространение звука человеческого голоса; можно ограничиться более простым случаем – распространение звука одной частоты. Среда, в которой распространяется звук (воздух), – однородная, бесконечная, неподвижная; скорость звуковых волн разных частот – одинаковая; затухания (поглощения) звука нет. Это самая идеальная модель описанного события распространения звука.

На основе этой модели можно определить расстояние распространения звука – это бесконечность. Или лучше сказать, неопределенно большое расстояние.

Гипотеза-модель 2. В дополнении к предыдущей модели надо ли учесть фактор приемника звука? Надо ли учесть условия Земли? Надо ли учесть прямолинейное распространение звука?

Гипотеза-модель 3. Наконец наступает время учета факторов более сложного представления среды распространения звука, то есть воздуха: движение воздуха, затухания звука в воздухе. Движение воздуха изменяет форму распространения звука, например, если ветер дует навстречу звуку, то существенно уменьшается слышимость. Направление звука при этом искривляется вверх, что может привести к тому, что волна не дойдет до наблюдателя. Искривление зависит от скорости ветра. Но в обычных условиях и человеческого голоса этот фактор, по-видимому, мало значим. Рассеяние и поглощение звука – существенные факторы.

Гипотеза-модель 4. Имеет ли значение на слышимость разговора наличие других источников звука?

Гипотеза-модель 5. Для решения задачи используем новый метод – проведем экспериментальное исследование, заключающееся в прямом измерении расстояния между человеком источником звука и человеком – регистратором звука. Учитывается ли при этом персональные качества человека?

Пример 2. Экспериментальные задачи и задачи на «черный ящик» предполагают различные подходы при рассмотрении сюжета задачи, отсюда не случайно продуктивным является выдвигание гипотез в ходе коллективного решения задач.

Например: «Предложен «черный ящик» с четырьмя выводами. При подключении любых двух выводов в качестве элемента электрической цепи постоянного и переменного тока соответствующий амперметр и вольтметр дали нулевые показания. Определите строение черного ящика».

Решение. Явление прямо задано – электрический ток, и это рассматривается как факт. При нашей постановке задачи решение начинается с гипотетических предположений.

Вариант 1. Предположим, что кроме источника тока, названных приборов неопределенных параметров иного оборудования нет. В каком случае ток на участке между клеммами не будет идти? Самый простой ответ – разрыв цепи. Для случая постоянного тока – наличие конденсатора, двух диодов, включенных противоположно; для переменного тока – ключ, двух диодов, включенных противоположно.

Нет, такой вариант не подходит, так как вольтметр будет показывать напряжение на источнике тока (ЭДС).

Вариант 2. Возможно, просто нет участка цепи, то есть клеммы не соединены через какие-то элементы электрической цепи.

Нет, такая гипотеза не подходит. Вновь вольтметр покажет ЭДС.

Вариант 3. А может быть вольтметр подключен последовательно? Тогда, действительно, при прочих равных условиях, он ничего не покажет. И формально требования задачи выполняются.

Вариант 4. Могут ли приборы ничего не показывать из-за их собственных параметров? Может быть такой вариант: сила тока малая, амперметр слишком грубый; сопротивление участка слишком малое, напряжение на нем малое, при грубом вольтметре показаний нет. Для проверки этой гипотезы надо изучать предложенные приборы.

Методический вывод. Возможны и иные варианты гипотез по выяснению структуры «черного ящика», главное, необходимо ясное понимание, что мы выдвигаем гипотезы, затем ищем экспериментальные и теоретические аргументы для их проверки. В настоящее время уже в системах заданий ЕГЭ встречаются задания на понимание смысла гипотезы.

Работа с моделями при решении физических задач. Школьные учебные физические задачи по форме задания (задачки) и процедурам деятельности обычно сразу предполагают вполне определенную модель объектов и в целом явления. Это сильно ограничивает видение реальных физических процессов, обычно выделяется одно явление, предполагается построение самой простой его модели и т.д. Но, во-первых, это создает условия для формализма, во-вторых, сильно затрудняет достижение основной цели – формирования физического мышления.

Пример 1. Определите внутреннюю энергию аргона в баллоне, если его масса 5 кг, а температура 300 К.

Решение. 1. К фактам следует отнести наличие газа в баллоне, его массу и температуру внешней среды.

2. Моделью для решения задачи выбираем идеальный газ. Вспоминаем определение внутренней энергии идеального газа. $U = N\bar{E} = \nu N_A \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} \nu RT$.

3. Математическое решение. По таблице молярная масса аргона равна $M = 40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. В итоге получаем $U = \frac{3 \cdot 5 \cdot 8,31 \cdot 300}{2 \cdot 40 \cdot 10^{-3}} \approx 5 \cdot 10^5$ Дж.

4. Анализ ответа (по смыслу некий реальный или интеллектуальный эксперимент). Точного значения внутренней энергии мы не получим, так как нельзя точно определить число частиц газа. Внутренняя энергия газа при обычной температуре имеет довольно большое значение. Примерно такую же энергию вырабатывает электроплитка мощностью 1 кВт за 8 час.

Пример 2. Тепловой двигатель использует 0,35 кг бензина на 1 кВт ч мощности. Температура нагревателя 227°C , а температура холодильника 27°C . Сравните КПД нашего реального теплового двигателя с КПД идеальной тепловой машины Карно. Каковы причины различий?

Решение. При решении задач надо все время показывать «столкновение» реальности и модели, дополнение разных моделей. Для идеального цикла Карно имеем определение КПД: $\eta_{ид} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 0,4$. Но для реальности КПД оп-

ределяется по отношению полезно затраченной энергии ко всей энергии, то есть $\eta_{реал} = \frac{A}{Q} = \frac{P \cdot t}{m \cdot q} = \frac{1000 \cdot 3600}{0,35 \cdot 44 \cdot 10^6} = 0,23$, где удельная теплота сгорания бензина равна $44 \cdot 10^6$ Дж/кг.

Получилось правильно по логике отношения «реальная ситуация – модель»: у реального двигателя КПД всегда меньше. Очевидно, что в реальности часть энергии просто теряется. Заметим, что и во втором случае КПД вычисляется исходя из неких модельных представлений о рассматриваемом процессе: какую работу следует учитывать? Как определить количество теплоты для нашего бензина? Причины различий КПД не только в точном учете энергии, но и самом цикле теплового процесса. Идеальный цикл Карно, как модель, в реальных тепловых двигателях не реализуется.

Пример 3. Оцените среднюю температуру Земли. (Эта задача относится к задачам Капицы, решение которых как раз нацелено на явное и осознанное использование моделей.)

Решение. Наиболее известной моделью излучения энергии телом является модель «абсолютно черного тела»: сколько энергии поглощается, столько энергии и излучается во всех диапазонах длин волн.

Сначала определим, сколько энергии поглощается. Поглощается энергия, идущая от Солнца. Известна характеристика (солнечная постоянная), которая определяет, сколько энергии падает в секунду на единицу площади Земли, перпендикулярно ее поверхности. Она равна $q = 1,36 \cdot 10^3$ Вт/м².

Сейчас определим, сколько энергии излучается. Известно, что по закону Стефана-Больцмана, в единицу времени единица поверхности абсолютно черного тела излучает $Q = \sigma T^4$ (см.: Макишев Г. Я. и др. Физика. 11 класс: учебник для общеобразоват. учреждений. М.: Просвещение, 2008. С. 355). Примем, упрощая, для оценки, что излучает площадь, равная поперечному сечению Земли, то есть $S = \pi R^2$.

В итоге получаем из условия сохранения энергии $qS = \sigma T^4 S$. Расчет дает оценку порядка 300 К.

При решении любой такой задачи необходимо хотя бы качественно определять границы применимости нашей модели. Иначе, решение принимает абсолютный характер. А это принципиально, не так. В нашем случае, реальная Земля точно не описывается моделью «абсолютно черного тела»: некоторые длины волн при излучении не проходят атмосферы и др.

Методический комментарий. Когда возможно видение (понимание) физической реальности? Да тогда, когда мы можем использовать для ее описания несколько моделей,

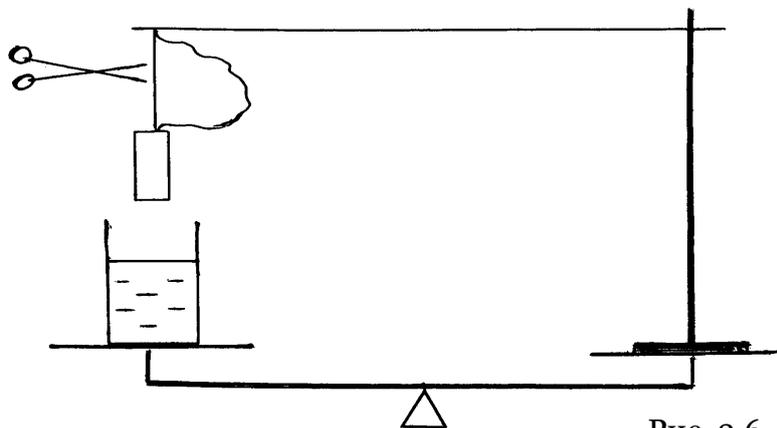


Рис. 3.6

в итоге суммируя представления об изучаемом объекте. Не случайно только в этом случае полномерно звучит вопрос о границах применимости. Так это в физике, так это должно быть в обучении. В учебном эксперименте проблема многообразного видения явлений, условий и т. п.

формулируется естественнее, хотя в школе сейчас это тоже делается редко. Но при решении задач пока такой практики тоже мало. Школьники при таком отношении к задаче понимают или усваивают, что нет раз навсегда поставленной и решенной задачи, в том числе задачи описания объекта. В зависимости от цели точка видения и средства описания явления могут быть разными. Так

формируется творческое отношение к решению задач. Так формируется у учителя научно-теоретическое методическое мышление.

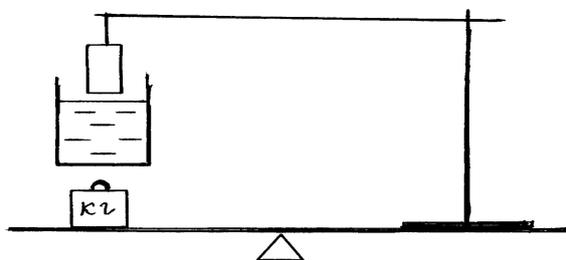
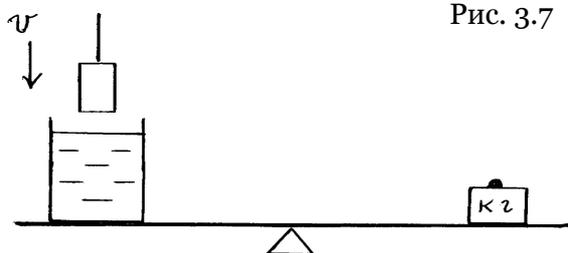


Рис. 3.7

Пример 4. Переформулированная качественная задача из известного задачника*: Как и почему сохраняется равновесие весов при опускании груза в стакан с водой (рис. 3.6)?



Методические рекомендации по решению. Последовательно выделяются (строятся) модели физического сюжета, в ходе их построения и изучения находится решение.

Модель 1. Эмпирическое выделение явлений (тела и их движения). Это понятийная модель-рамка, в которой фиксируется, от чего-то мы отстраняемся.

Модель 1. Эмпирическое выделение явлений (тела и их движения). Это понятийная модель-рамка, в которой фиксируется, от чего-то мы отстраняемся.

Модель 2...N. Рассматриваются несколько вариантов, в которых определяется отдельно для каждого тела условие равновесия до и после события. Обращается внимание на взаимодействие тел в разных ситуациях (рис. 3.7).

* Тульчинский М. Е. Качественные задачи по физике в средней школе. М.: Просвещение, 1972. С. 19.

Деятельность преподавания. Несомненно, она строится по моделям, в частности по образцам опыта. Кроме реализации норм деятельности преподавания мышление учителя выражается (и совершенствуется) в научно-методическом **творчестве**. Творчество в деятельности учителя – необходимая составляющая деятельности преподавания в целом (см. полнее К. А. Коханов, Ю. А. Сауров, 2012). Любая творческая деятельность учителя (эмпирическая или явно теоретическая) нуждается в сознательном регулировании, в осознании, в рефлексии, в моделях. Но пока редки и случайны исследования по выявлению вклада такой деятельности в повышение квалификации учителя, в эффективность преподавания и обучения в целом, в социальное самочувствие учителя. Формировать, учитывать и использовать такую деятельность учителя – необходимость времени. Преподавание (во всей совокупности процессов) должно осознаваться как феномен культуры, как объект, который для больших коллективов людей определяет комфорт жизни, атмосферу взаимоотношений, условия реализации. К сожалению, последние десятилетия тренд на индивидуализацию научно-методической деятельности учителя (мало открытых рабочих уроков, творческих групп и др.) тормозит ее социальные эффекты, не способствует присвоению универсальных норм, становлению коллективной мыслительной деятельности.

Известно, что любая творческая деятельность (и по мотивам, и по итогам) – неотчужденная деятельность. Здесь поле искусству деятельности, гипотезам, методическим экспериментам и т. п. Без этого методическая деятельность не может удовлетворить (прежде всего, по мотивам) разнообразную познавательную деятельность. Но основной результат работы учителя вместе с учениками ежегодно «уходит» из школы, ему постоянно нужны новые решения. И существует острая проблема накопления объективных данных успехов учителя, его роста, осознания себя как профессионала. В этом смысле личностная значимость научно-методической работы учителя очевидна. В этом процессе мышление учителя – фундаментальный ресурс. И его социальные мотивы понятны.

Обратимся к определению и характеристикам научно-методической деятельности учителя. Это деятельность по созданию нового методического продукта – знаний о процессе обучения, методик изучения отдельных вопросов, технологий обучения и др. Стихийно этот процесс всегда существовал в школе, но, во-первых, он был связан с получением лишь субъективно новых решений, во-вторых, был малопродуктивен (длителен по времени, обычно отсутствует оформление, эпизодичность и т.п.). Объект изучения – окружающая учителя педагогическая действительность; типичный предмет – знания об особенностях обучения своего класса, отдельные методические приемы и решения, иногда – технологии изучения тем или разделов. Можно выделить следующие типичные черты стихийной научно-методической работы учителя: тесная (и тем ограниченная) связь со своей практической работой, конкретность в форме находки или отдельного приема, фрагментарность результатов, стихийность выбора тем или решений, незаконченность и нечеткость изложения, узость тематики, не критичность в описании результатов, отсутствие планов и системы в проведении (и другие).

Целенаправленная научно-методическая деятельность приобретает новые черты и новое качество: ориентирована на получение объективно новых результатов, формирует исследовательские умения, настраивает на сознательное и планируемое достижение результатов обучения, стимулирует разработку технологий обучения (и другое). Главное – повышается уровень и качество теоретического конструирования (моделирования) формируемой действительности, меняется характер и смысл (по многим параметрам) деятельности учителя.

В нашей практике в рамках научной лаборатории «Моделирование процессов обучения физике» (ИУУ, г. Киров) под наиболее актуальные проекты почти двадцать лет (с 1994 года) организовалась научно-методическая деятельность групп учителей. Подчеркнем, что речь идет не об участии учителей в исследованиях методистов, а об организации собственно их исследований, чаще всего коллективных исследований. В их ходе столкновение идей, фактов, решений способствовали как освоению новых знаний, так и развитию методического мышления.

Основными целями временных творческих коллективов учителей основными были следующие **цели**: развитие научно-методического творчества учителей физики; «создание» передового педагогического опыта; координация деятельности учителей физики, пропаганда и внедрение новых методических решений; подготовка учителей высшей квалификации. Работа творческих групп учителей организовывалась на следующих **принципах**: добровольность, открытость участия, но и избирательность в подборе групп учителей; ответственность и дисциплинированность при выполнении работ; результативность и практичность; сотворчество, безвозмездная помощь, творческая конкуренция и профессиональная честность; духовность (широкое интеллектуальное общение). **Формы** организации деятельности творческих лабораторий были разнообразными и все время обогащались: теоретические заседания, обсуждение научно-методических работ, рецензирование авторских материалов, консультационная работа, подготовка научно-методических статей и книг, подготовка, проведение и обсуждение результатов педагогических экспериментов, конференция по результатам деятельности.

Активизация научно-методической деятельности естественно привела к созданию традиций в организации творчества, в целом складывается определенная методическая среда, способная к саморазвитию, все больше новые нормы методического мышления востребуются сообществом учителей и транслируются в системах методической деятельности.

Рассмотрим **примеры организации мыслительной деятельности** школьников при решении задачи, в которой отношение «реальность – модели» имеет существенное значение.

Пример 1. Две свинцовые пули движутся навстречу друг другу. При какой скорости в результате удара они расплавятся?

Сначала обратимся к общему представлению о фактах. Повторим, что к фактам, прежде всего, относят события и обстоятельства реальности. В науке эти события реальности обозначены понятиями. Мы получили (и это всегда так!) понятия из науки (культуры) и таким образом «получили» возможность видеть события реальности. Вот почему теория ведет восприятие мира, в итоге теория ведет практику.

К фактам, то есть как к данности (в том числе и эмпирической), при решении задач относят значения физических величин, общепринятые знания. Не случайно при формулировке многих задач по механике уже даже не пишут, что трением надо пренебречь. А так формируется стереотип (нередко вредный) по отношению к задаче. В жизни ведь заранее не известно, чем надо пренебречь. Надо видеть все обстоятельства объекта или явления, то есть надо видеть реальность по возможности во всей полноте. И только затем внести ограничения.

Охарактеризуем нашу задачу как объект: заданы явления – движение пуль, их столкновение, нагревание и плавление; конкретных данных о пулях нет. Итак, некоторые факты надо определить самому школьнику: пули, по-видимому, лучше для простоты решения взять одинаковыми, например, по 10 г, скорость их движения тоже одинаковая, начальную температуру пуль до столкновения следует оценочно взять равной температуре среды, например, 27°C. (Выбор этого значения температуры тоже не случаен, так удобно с учетом значения температуры плавления.) Последний факт явно не точный, ведь пули при движении нагреваются довольно существенно. Такой выбор этого факта, что право решающего, дает свое приближение при решении. Данные о процессе плавления берем из справочника: удельная теплоемкость 0,131 кДж/(кг · К), удельная теплота плавления свинца 24,3 кДж/кг, температура плавления свинца 327°C.

Вывод: выделение, определение фактов существенно влияет на итоговый результат решения, отчасти на сложность решения, хотя в данном случае сама идея решения не изменяется – использование закона сохранения энергии для выделенных процессов.

Кинетическая энергия двух пуль идет на их нагревание и плавление. Математически получаем выражение для закона сохранения

энергии: $2 \frac{mv^2}{2} = 2mc(t_2 - t_1) + 2m\lambda$. Общее решение имеет вид:

$$v = \sqrt{2c\Delta T + 2\lambda} \approx \sqrt{2 \cdot 131 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К} \cdot 300 \text{ К} + 2 \cdot 24300 \text{ Дж/кг}} \approx 357 \text{ м/с}.$$

Полученное значение скорости можно оценить как реальное. Но раз мы взяли начальные данные (хотя бы некоторые) с точностью до двух знаков, то и здесь в ответе надо привести к такой же точности, то есть скорость будет 360 м/с. Это факт решения. И он в рамках модели всегда должен быть точен, поэтому он и факт.

И эта интерпретация результата – тоже работа с фактами. При решении многих задач такая оценочная работа необходима, она позволяет получить физический результат из математического результата. В принципе автоматически это никогда не следует. И требуется специальная работа. Она опирается на фундаментальные положения физики, мировоззренческие установки. Например, скорость пули в любом случае не может быть больше скорости света.

Пример 2. Почему вода пруда замерзает только с поверхности и только у поверхности?

Начнем анализ с такого факта: вода при 0°C может замерзнуть, если продолжается ее охлаждение – теплопередача. Выскажем *предположения* (фактически гипотезы): когда это возможно?

Вода замерзает, если температура воды и окружающей среды (воздуха и т. д.) – 0°C , но есть дополнительный фактор, например, дует ветер. Тогда частицы воды, наиболее «теплые» испаряются и ветром удаляются. Да и сам ветер способствует испарению. Если даже вода уже замерзнет (тонкая корочка), то испарение может быть продолжено уже льда. И тогда замерзание воды будет продолжаться, хотя температура среды 0°C .

Предположим, что лед имеет плотность больше плотности воды. Что будет происходить? Лед будет тонуть. Если так, то на практике пруд замерзнет со дна до верха. В реальности мы этого не наблюдаем, поэтому наша гипотеза не верна. Смотрим на таблицу плотностей: лед имеет несколько меньшую плотность, чем вода. Тогда понятно, почему льдинки плывут по воде.

Но почему вода не промерзает до дна пруда? Предположим, что температура среды – 30°C . Холодно. Предположим, что лед быстро охлаждается до такой же температуры. Вода соприкасается с таким холодным льдом, и должна быстро замерзнуть. Но в реальности этого нет. Почему? И почему лед намерзает толщиной, скажем, не 1 мм, а до 1 м. Очевидно, что вода все равно замерзнет, если есть условия. Ключевым условием является теплообмен.

Можно ли предположить, что между льдом и водой теплообмена нет? Можно. Если вода не замерзает, то, по-видимому, нет. Почему? Теплопроводность есть. Излучения, по-видимому, практически нет. Конвекции, по-видимому, тоже нет. Надо приводить аргументы в доказательство. Теплопроводность льда малая, поэтому толстый лед – хороший теплоизолятор. Выскажем гипотезу, что нижняя поверхность льда имеет температуру 0°C . А значит, между льдом и водой теплообмена нет.

Но если вода подо льдом имеет температуру 0°C , то при самом малом теплообмене она будет замерзать. И в итоге вся замерзнет. Но этого нет! Почему? Можно предложить, что вода снизу от дна, во-первых, подогревается, во-вторых, сама вода обладает плохой теплопроводностью, а конвекция затруднена. (Вспомним опыт с подогревом верхней части воды в пробирке.) Когда конвекция в жидкости невозможна? По-видимому, надо предположить, что холодные слои воды легче теплых слоев. И это так: вода при 4°C – самая плотная, она и находится на дне водоема.

Анализ решения. Обсуждение вопросов: Используются ли модели при решении задачи? (Да, но выше они представлены не явно. Так, вода, очевидно, однородная жидкость без примесей. В водоеме

нет источников нагрева, живых существ и т. п.) Замкнутой ли при выполнении решения является система «лед – вода»? (Нет.) Почему при решении не рассматривается статистический характер происходящих процессов? Какие реальные процессы при решении задачи мы еще не учли или не описали?

Обобщение. Выше приведенный интеллектуальный процесс рассуждений, что и есть развернутое в речи (или тексте) физическое мышление, весьма характерный пример деятельности при решении многих задач. Сам этот пример задаёт модель деятельности преподавания. И фрагментами он используется при решении всех задач.*

3.3. Использование моделей при экспериментировании

Для организации современной по структуре и содержанию учебной деятельности физике необходимо под углом зрения метода естественнонаучного познания интерпретировать статус и функции известных знаний. В частности, резко отделить знания о реальности от знаний о средствах описания. В обучении физике к реальности относят физические объекты и физические явления, а к средствам описания – разные по функциям знания: физические величины, принципы, законы, модели, теории и др.

В обучении физике должен быть найден **баланс учебной деятельности с объектами науки (знаниями) и объектами природы, точнее – ноосферы** (по В. В. Майеру). За последние 15-20 лет стала доминировать деятельность со словами, терминами, понятиями, уравнениями и т.п. Она передает, воспроизводит формальные системы знаний и практику деятельности с ними. Это явно не удовлетворяет реальную жизнедеятельность выпускника школы или вуза, но главное, не удовлетворяет развитие экономики, техники, науки, образования, жизни.

Познавательная деятельность, представленная и в знаниях, и в процедурах, эффективнее всего организуется при выполнении теоретических и экспериментальных исследований. Их должно быть много, именно **они задают метод познания через деятельность**. Дидактическая цель прямо ставится так: проверить гипотезу Галилея; изучить закономерности свободных колебаний нитяного маятника с помощью эксперимента; с помощью механической модели выяснить, как объем «газа» зависит от давления; проверить

*См. пример интересного диалога как формы мышления при использовании разных моделей при решении одной задачи: Долгов И. Л. Многовариантное решение физических задач // Физика: Методическая газета. 2010. № 22. С. 11-14.

закономерности броуновского движения на его механической модели; проверить справедливость гипотезы о том, что скорость протекания диффузии чернил в воде возрастает с повышением температуры; построить механическую модель жидкости; сконструировать модель взаимодействия двух молекул и с её помощью объяснить возникновение сил упругости при сжатии растяжении тел; убедиться на опыте в справедливости соотношений...; предсказать, при каких способах изменения магнитного потока через замкнутый проводник в нем возникает индукционный ток, и экспериментально проверить свои предположения; выяснить, какая из трех гипотез (...) реализуется в действительности и т. д.

В новом учебнике для профильной школы помещено большое количество таких исследований [133-136]. Приведем примеры.

Пример 1. Выполните исследование, целью которого является проверка разных гипотез о зависимости силы сопротивления при движении бумажной воронки от установившейся скорости её падения.

Особенность этого типа исследования заключается в том, что без прямого эксперимента определить, какая гипотеза верна, практически невозможно. В процессе обсуждения проблемы учащиеся пришли к необходимости склеить пять одинаковых бумажных воронок.

Часто встречается утверждение, что при малых скоростях движения тела сила сопротивления воздуха пропорциональна скорости в первой степени, а при больших скоростях – скорости во второй степени. Проверим справедливость этого утверждения для случая падения бумажной воронки в воздухе.

Гипотеза 1. Сила сопротивления пропорциональна скорости: $F \sim v$. Для экспериментальной проверки этой гипотезы одновременно отпускаем одну воронку с высоты 1 м и **две воронки**, вложенные друг в друга с высоты **2 м**. При принятии первой гипотезы воронки должны одновременно достичь пола. Действительно,

$$mg = \alpha v_1, \rightarrow 2mg = \alpha v_2$$

$$t_1 = \frac{h}{v_1} = \frac{h\alpha}{mg} \rightarrow t_2 = \frac{2h}{v_2} = \frac{2h\alpha}{2mg} = \frac{h\alpha}{mg} \rightarrow t_1 = t_2$$

Опыт показывает, что воронки не достигают одновременно пола, следовательно, гипотеза $F \sim v$ не верна!

Гипотеза 2. Сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости: $F \sim v^2$.

Для экспериментальной проверки этой гипотезы одновременно отпускаем одну воронку с высоты 1 м и **четыре** воронки, вложенные друг в друга, с высоты **2 м**. При принятии второй гипотезы воронки должны одновременно достичь пола. Действительно,

$$mg = \alpha v_1^2, \rightarrow 4mg = \alpha v_2^2$$

$$t_1 = \frac{h}{v_1} = \frac{h\sqrt{\alpha}}{\sqrt{mg}} \rightarrow t_2 = \frac{2h}{v_2} = \frac{2h\sqrt{\alpha}}{\sqrt{4mg}} = \frac{h\sqrt{\alpha}}{\sqrt{mg}}$$

$$\rightarrow t_1 = t_2$$

Опыт показывает, что в данном случае справедлива **вторая гипотеза: $F \sim v^2$** . Не поставив опыт, ответить на вопрос нельзя!

Подчеркнем, что условием проведения экспериментов является быстрое установление сравнительно небольшой скорости падения воронки из-за большой площади её поверхности соприкосновения с воздухом.

Пример 2. Выполните экспериментальное исследование применимости уравнения для периода колебаний пробирки с песком, плавающей в вертикальном положении в сосуде с водой, для объяснения явления.

Основная цель данного эксперимента – показать учащимся, что у каждой модели есть границы её применимости. Оборудование: сосуд с водой; пробирка; песок; нить; весы и гири; часы с секундной стрелкой или электронные часы с секундомером; металлическая линейка.

Возможный вариант выполнения задания.

Сначала получим теоретическую модель колебательного движения пробирки – это будет уравнение для периода её колебаний. На пробирку действуют сила тяжести F_T и архимедова сила F_A – их равнодействующая в положении равновесия пробирки равна нулю (рис. 3.8, а). Если пробирку слегка погрузить в воду и отпустить, то пробирка, как показывает опыт, начинает совершать колебательное движение.

При малом погружении пробирки архимедова сила увеличивается на значение, по модулю равное $F = \rho Sgx$, где ρ – плотность воды, S – площадь поперечного сечения пробирки, g – ускорение свободного падения, x – расстояние, на которое погрузили пробирку (рис. 3.8, б).

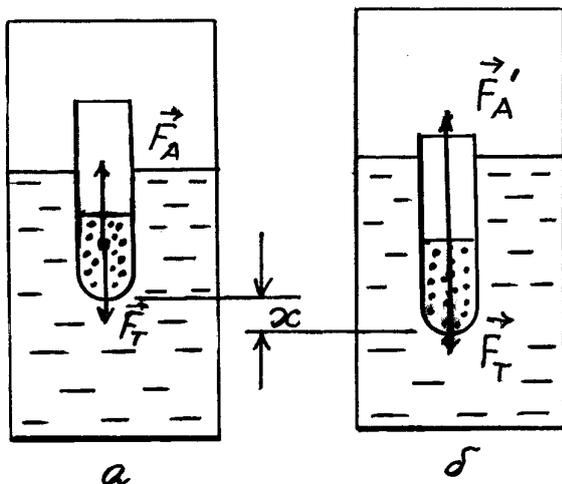


Рис. 3.8

Так как направления архимедовой силы и смещения пробирки противоположны, то мы должны выражение для архимедовой силы записать так: $F_x = -\rho Sgx$. Обозначив произведение (ρSg) буквой k , получим:

$F_x = -kx$. Это означает, что пробирка должна совершать гармонические колебания с периодом:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\rho Sg}}$$

Полученную закономерность необходимо проверьте на опыте. Для этого, измеряем площадь поперечного сечения пробирки и её массу. Следует насыпать в пробирку столько песка, чтобы она плавала в сосуде с водой в

вертикальном положении. Рассчитайте с помощью полученной теоретической формулы период колебаний пробирки. Измерьте период колебаний пробирки с помощью часов с секундной стрелкой или секундомера. Сравните значения периода колебаний пробирки с песком в сосуде с водой, полученные теоретическим и экспериментальным путем.

Возможные расхождения теории и эксперимента, т. е. границы применимости нашей модели явления, могут быть объяснены большим трением между пробиркой и водой, т. е. несовершенством выбранной модели, при которой воду мы считали идеальной жидкостью. Кроме того, при колебаниях пробирки в колебание вовлекается вода, находящаяся в сосуде. В этом заключается явление так называемой «при-

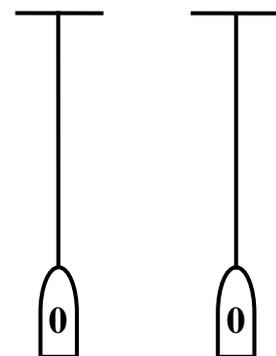


Рис. 3.9

соединенной» массы. За счет этого явления масса, вовлекаемая в колебательный процесс, существенно больше, чем масса пробирки с песком, которую мы измерили с помощью весов. Особенно ярко данный эффект наблюдается, если диаметр сосуда с водой ненамного больше диаметра пробирки. В этом случае экспериментально найденный период колебаний пробирки $T_y = \frac{t}{N}$ существенно

больше периода ее колебаний, рассчитанного по формуле: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\rho Sg}}$.

Пример 3. Рассмотрим классическую экспериментальную задачу: Зарядите одну из гильз, оставив вторую незаряженной. Медленно сближайте гильзы. Как взаимодействуют они между собой при достаточном сближении? Объясните результат. Описывается ли он законом Кулона? *Оборудование:* две гильзы из металлической фольги на длинных капроновых нитях, стеклянная палочка, бумага.

Методический анализ решения. Очевидно, в нашем случае, существенным являются не технические стороны опыта, а целевые и ценностные (мировоззренческие) познавательные ориентиры. Они должны задавать и мотивацию, и систему учебных действий.

В теме «Электрическое поле» широко используется модель «точечный заряд», однако обычно школьники не могут сформулировать границы применимости закона Кулона из-за непонимания необходимости использования модели. Вначале при решении задачи выделяют изучаемые физические объекты и явление. Физические объекты – две гильзы. Для выделения явления учителю (с привлечением учащихся) необходимо провести эксперимент.

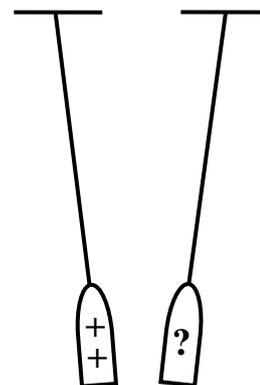


Рис. 3.10

Действие 1. Предварительно учитель показывает взаимодействие двух незаряженных гильз – они не взаимодействуют (рис. 3.9). Опыт и его сюжетный образ в рисунке фактически задают эмпирическую модель взаимодействия незаряженных тел. Возникает проблема: всегда ли это справедливо?

Действие 2. Демонстрируется опыт: на большом расстоянии две (заранее заряженные) гильзы фактически не взаимодействуют, но при их сближении наблюдается отталкивание. Проблема: заряжены гильзы или нет? Для понимания явления и ответа требуется построить модель взаимодействия гильз, в которой учтены внешние условия (действие Земли, нити) в первом и втором состоянии. На рисунке-модели изображаются силы в масштабе. Обобщение-вывод: если нет внешних помех, заряженные тела всегда взаимодействуют – притягиваются или отталкиваются; закон Кулона описывает это явление, но, как и любой закон, только для идеальной модели тела – материальной точки, т.е. точечного заряда. И это существенное знание.

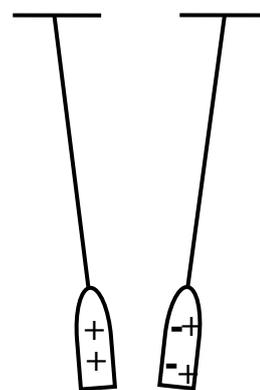


Рис. 3.11

Действие 3. Будут ли взаимодействовать гильзы, если только одну из них зарядить? – так формулируется следующая гипотеза. По теории гильзы взаимодейство-

вать не должны. Ученик проводят эксперимент по проверке гипотезы. В результате наблюдается факт вопреки прогнозу: гильзы притягиваются при достаточном сближении (рис. 3.10). Таким образом, фиксируется парадоксально новое (при использовании известных знаний) физическое явление – взаимодействие заряженной и незаряженной гильз. В рамках модели точечных зарядов этот факт не объясним. Для понимания нового факта необходимо построить новую модель явления.

Действие 4. Прежде всего, отказываемся от точечной модели гильз. Для заряженной металлической гильзы выбираем-строим модель: протяженное проводящее тело, в котором свободные заряды могут двигаться. Отсюда при приближении заряженной гильзы к незаряженной электрическое поле первой гильзы будет действовать на свободные заряды второй гильзы. Произойдет движение свободных зарядов – ближе к первой гильзе окажутся отрицательные заряды (рис. 3.11). Они будут притягиваться сильнее, чем отталкиваться положительные заряды. И фиксируется притяжение гильз. Описывается ли это взаимодействие законом Кулона? – это вопрос. И ответ может, и да, и нет.

В результате организованной таким образом мыслительной деятельности с фактами-объектами и моделями мы приходим к выяснению границ применимости знаний, в данном случае закона Кулона. В целом, правильно организованная деятельность экспериментирования (в том числе при решении задач) не только способствует пониманию знаний, но имеет важное мировоззренческое значение – задаёт логику организации мыслительной деятельности: выделение объектов и явлений – описание явлений физическими величинами, законами.

В целом для освоения содержания и духа физики важно ориентироваться на задачи формирования следующих **основных умений**:

- **различать** физический объект и его модель; постулаты и законы; приводить примеры границ применимости изученных знаний; иллюстрировать примерами объяснительную и предсказательную функции теории; объяснять развитие физического знания по схеме «факты – модель – следствия – эксперимент»;

- **осваивать** конкретные методы и методики научного исследования: макроскопическое и микроскопическое описание объектов, статистические и динамические закономерности; понимать особенности экспериментального метода познания, т.е. связь теории и опыта, взаимодействие прибора и объекта, интерпретацию результатов эксперимента, приемы экстраполяции и интерполяции, проблему точности экспериментальных данных, природу погрешностей и др.;

- **отделять** объекты природы (электромагнитное поле и волны, электрический ток, дисперсия и интерференция) от идеализированных объектов науки (гармонические колебания и волны, световой луч, точечный заряд), понимать проблему выбора средств описания;

- **выделять** простейшие механические (и иные) системы в окружающем нас мире, качественно и количественно описывать их движение, выяснять причины движения; рассчитывать и измерять микроскопические и макроскопические характеристики физических систем;

- **различать смыслы фундаментальных понятий**: вещество и поле, пространство и система отсчета, движение и взаимодействие, действие и сила, инертность и масса, объект и его модель;

▪ **раскрывать** структуру механики (статистической физики, электродинамики, квантовой физики) как научной теории, иллюстрировать её объяснительную и предсказательную функции, приводить аргументы познаваемости физических явлений и поступательного развития физики (открытие новых физических объектов и явлений по мере возникновения электродинамики, развитие представлений о свете и др.);

▪ **приводить примеры**, доказывающие абсолютность и относительность знаний о механических системах: координата, скорость и ускорение тела в различных ИСО, абсолютность и относительность знаний об объектах и явлениях природы;

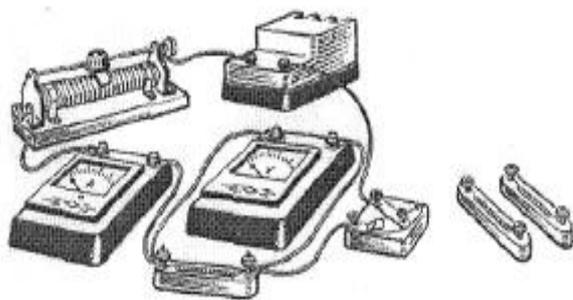
▪ **иллюстрировать** связи науки и техники; использовать методы измерения физических величин, рассчитывать погрешности измерения физических величин, владеть экспериментальным методом изучения физических законов и др.

Подчеркнем явную методологическую нагрузку данных умений.

В Кировской области в последнее десятилетие была предпринята в целом удачная попытка усиления значимости моделирования при выполнении школьниками фронтальных лабораторных работ (О. Л. Лежепёкова, С. Н. Лютина). Этот опыт защищён в кандидатской и магистерской диссертациях, отражен в ряде статей. Приведём два варианта построения инструкций по организации такой работы.

Лабораторная работа «Исследование зависимости силы тока от напряжения и сопротивления»

Теория работы Наблюдаемые и исследуемые факты



1. Явление постоянного электрического тока на участке цепи.

2. Электрическая цепь – физическая система, в которой происходит явление электрического тока.

3. Электрический ток описывается физическими величинами – сила тока, напряжение, сопротивление.

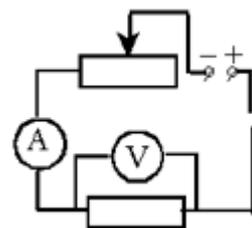
Цель-Гипотеза: экспериментально доказать существование связей а) между силой тока и напряжением, б) силой тока и сопротивлением на участке электрической цепи постоянного тока; экспериментально определить вид этой связи.

Метод: Исследовать зависимость параметра от двух других параметров возможно, если, оставляя один параметр постоянным (например, сопротивление), найти зависимость параметра (силы тока) от другого параметра (например, напряжения), затем поменять постоянный и переменный параметры местами.

Модель явления

1. Схема электрической цепи – это модель объекта исследования.

2. Модель явления сначала задается физическими величинами: а) сила тока I – характеристика тока; б) напряжение на участке проводника U – характеристика электрического поля; в) электрическое сопротивление R – характеристика действия ионов проводника на движущиеся свободные заряды.



3. В целом явление постоянного электрического тока на участке проводника описывается законом Ома для участка цепи. Этот закон в виде уравнения – математическая модель явления.

Следствие – проведение опытов

Задание 1. Соберите электрическую цепь по схеме, используя необходимое оборудование.

Оборудование: источник тока, ключ, реостат, амперметр, вольтметр, два (три) проволочных резистора, измерительная линейка.

Задание 2. Исследуйте зависимость силы тока от напряжения при постоянном значении сопротивления. Данные занести в таблицу. Постройте график зависимости силы тока от напряжения $I = f(U)$ при данном сопротивлении.

Сопротивление участка 2 Ом

Напряжение, В	1	2	3
Сила тока, А			

Задание 3. Исследуйте зависимость силы тока от сопротивления при постоянном значении напряжения, например равном 2 В. Данные занести в таблицу. Постройте график зависимости силы тока от сопротивления $I = f(R)$ при данном напряжении.

Сопротивление участка, Ом	1	2	4
Сила тока, А			

Обработка и оценка результатов исследования

1. Рассчитайте погрешность измерений силы тока и напряжения.
2. Определите, строго ли выполняется закон Ома для участка цепи в случае ваших экспериментальных измерений.
3. Используя графики зависимости, сделайте вывод об экспериментальном доказательстве гипотезы исследования в ходе опытов: что доказано, а что – нет.

Лабораторное исследование

«Изучение метода измерения начальной скорости тела,
брошенного горизонтально»

I. Теория работы (выполните задания)

Ф А К Т Ы	<p>1. <i>Перечислите</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – объект исследования – оборудование – физическое явление <p><i>Начертите схему экспериментальной установки</i></p>
З Н А Н И Я	<p>2. Запишите формулы, необходимые для вычисления начальной скорости тела, брошенного горизонтально.</p> <p>3. Какие физические величины необходимо измерить для вычисления начальной скорости тела, брошенного горизонтально? С каким ускорением движется тело, брошенное горизонтально?</p>
М О Д Е Л И	<p>4. <i>Назовите</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – модель объекта – модель явления

II. Ход и результаты исследования

1. Выполните необходимые измерения и вычисления.
2. Заполните таблицу

t _{ср} , м	t, с	h, м	v, м\с

3. Постройте траекторию движения шарика, используя формулы

$$x = v_{0cp} \cdot t \quad y = 5t^2$$
и подсчитайте координаты шарика через интервал времени $t=0,05c$.

t, с	0	0,05	0,10	0,15	0,20
x, мм	0				
y, мм	0				

III. Выводы исследования

1. Сравните траекторию движения шарика с построенной вами траекторией. Укажите причины погрешностей.
2. Какие характеристики объекта вы не учитывали при выборе его модели?
- 3.* Можно ли данный метод использовать для измерения начальной скорости снаряда в реальных условиях? Ответ обоснуйте.

Методический комментарий. Во-первых, в целом экспериментаторы фиксируют, что трудности с выделением моделей быстро преодолеваются, т. е. при проведении уже пятой-шестой работ верных ответов более 80%.

Во-вторых, по предлагаемой ориентировке деятельности учителя физики на курсах переподготовки выполняли ряд лабораторных работ, и интерес к выполнению работ был высокий. В теоретико-методологическом введении на лекции обосновывалась значимость работы с моделями, но трудности освоения реального моделирования по логике «объект, явление – его модель» были существенные. Например, надо было понять, что в эксперименте мы проверяем справедливость закона Ома для участка цепи, т.е. в итоге проверяем справедливость идеи-модели, которая лежит в основе формулирования закона. В данном случае это модель постоянного электрического тока для участка цепи с постоянным (и не изменяющимся) сопротивлением. Особенно трудным в работах было именно конструирование моделей явлений.

3.4. Организация процесса дидактического моделирования для решения учебных проблем

Для нас и в данном случае принципиально важно различие «реальность – описания». Пусть в случае педагогической деятельности реальность формируемая, но тогда и описание проективное. Значит, и модели несут эту специфическую функцию. Конечно, при этом они объясняют, вскрывают суть, насколько это возможно. В целом все методические решения носят модельный характер. И даже если сразу теоретически их границы применимости явно не выделяются, то они определяются в ходе педагогической практики*.

Для нас, прежде всего, значим вопрос о **моделях уроков** (Ю. А. Сауров, Г. А. Бутырский, В. В. Мултановский, 1992, 1996, 1998, 2005, 2010). Отношение к методическим рекомендациям для учителя как к моделям было шагом вперед, давало новую ориентировку для построения деятельности преподавания. Важно и то, что модель урока задаёт некий инвариантный подход в проектировании современного урока при интегрировании физического содержания, приёмов организации учебной деятельности, средств развития и диагностики школьников... Ниже приводится некое обобщённое введение к книге моделей уроков.

Методика построения учебного процесса в форме системы моделей уроков состоит из общих рекомендаций по планированию уроков по темам и построению урока в целом, конкретных методических средств по организации учебной деятельности школьников. Построение урока в целом представлено задачами и планом урока, выделением структуры урока. Методические средства отобраны в

* Подробнее о методических моделях см. в наших работах [70–71, 121, 150–159].

каждом конкретном случае для решения приоритетных задач. Но почти всегда обращается внимание на формирование познавательной мотивации учения: раскрывается необходимость того или иного знания, определяется его статус, выделяется логика познания физических объектов и явлений, инициируется познавательная активность школьников формами организации учебного процесса. Для успешного формирования общеучебных и специальных умений при освоении содержания материала, при решении задач и постановке опытов рекомендуется единый методологический подход при выделении физических явлений и их описании. Системности знаний школьников уделяется самое прямое внимание.

Представленная в моделях уроков методика изучения отдельных вопросов, целых тем или разделов очевидно носит модельный характер. Со всей определенностью надо сказать, что это лишь теоретический проект реальной деятельности школьников и учителя, которая и называется уроком. Поиск инвариантных решений, необходимая краткость изложения оставляют многие детали за рамками книги. Но это как раз область творчества учителя. Модели уроков – лишь ориентир в творческом построении своего собственного урока. Отсюда учитель может свободно выбирать одни средства усвоения и отказаться от других, провести дополнительные уроки по теме или наоборот сократить материал. Необходимым аргументом при этом остается общая цель развития ученика средствами предмета.

Учитель с самого начала должен проникнуться твердым пониманием, что его практики без теории просто нет. Вопрос, следовательно, лишь в том, какой, как складывающейся теории. В широком поле теоретических схем, представлений надо выбрать, а точнее построить (иного не дано) оптимальную, адекватную своему уровню подготовки, тенденциям образования, задачам обучения в форме, которую эти факторы получают в данной школе. Но не просто адекватную условиям работы, условиям жизни и подготовки школьников, иначе эти условия никогда не изменить, а можно только воспроизвести.

Современная методика обучения физике может и должна опираться на сравнительно небольшое число общих положений по организации образования школьников. При необходимости они конкретизируются по логике гипертекстовой ссылки. Остановимся на ряде ключевых положений.

Процесс обучения и его результаты выражены в деятельности учителя и учеников. Присвоение учеником знаний в широком смысле (овладение опытом рода) происходит не только и не просто в деятельности самого ученика, но в процессе совместной деятельности ученика и учителя, ученика и ученика. И всё дело, и все проблемы – в особенностях этой деятельности. Причем деятельность

учителя не только управляет познанием и сообщает знания, но и важна сама по себе как процесс. Творческая деятельность учителя создает такую своеобразную и трудно описываемую познавательную и нравственную атмосферу, в которой «вывариваются» лучшие качества человека, успешно формируются знания школьников.

Знания в процессе изучения предмета создаются (формируются) не в результате созерцания, в том числе при проведении опытов, чтении текстов, прослушании рассказов, а при активном взаимодействии с культурой в коммуникации с другими людьми. При усвоении физики важнейшей формой такого взаимодействия является экспериментирование с объектами науки при проведении опытов с объектами и явлениями природы. Надо понимать, что такое экспериментирование со знаниями, т.е. их отбор, повторение, систематизация, выбор форм знания – аналитическая, графическая, текстовая, интерпретация знаний, определение границ их применимости – и обеспечивает успех обучения. Не случайно учителя такое большое внимание уделяют решению задач, где практически и реализуются такая работа со знаниями. Но осознанность и эффективность этой работы ещё далеки от совершенства (см., например, работу А. А. Устиловской, 2011).

Физическое образование школьников не сводится только к усвоению знаний учебного предмета. Содержание физического образования, широко понимаемое как социальный заказ, включает следующие компоненты: а) знания о природе (факты, понятия, принципы, модели, законы, теории) и опыте деятельности (знания этапов решения задач, проведения опытов и др.); б) опыт деятельности, выраженный в умениях решать задачи, выражать мысли, проводить эксперименты, определять статус знаний и др.; в) опыт творческой деятельности, выраженный в умениях систематизировать и интерпретировать знания, решать творческие задачи, строить проекты и конструировать устройства; г) опыт нравственной деятельности, выраженный в уважении к опыту предшественников, в понимании истории развития физики, её вкладе в духовную и материальную культуру цивилизации. Не случайно в методике обучения физике выделяют следующие требования к содержанию курса физики: фундаментальность знаний, системность (целостность) их построения, разнообразие (иерархичность) языков описания (моделей) физических объектов и явлений, включение методологических знаний, в том числе знаний о границах применимости физических знаний и методов.

Примечательно, что в последние годы в теории, а затем и практике обучения физике обогатилось представление об объектах изучения, прежде всего за счет их отделения от предметов, от моделей, от знаний науки. Воздух – не идеальный газ, он как объект природы предстает перед нами через совокупность модельных

представлений. Именно в этой связи понятны усилия методистов ввести в широкую практику изучение границ применимости моделей. Фактически сейчас более последовательно признается, что в обучении дети (и учитель тоже) имеют, прежде всего, дело с предметами культуры (знаниями), а не с объектами природы. Они воспринимают и усваивают идеи в объектах, а значит – имеют дело с предметами. Вот почему и появляется жаргон: материальная точка – это тело (не модель!), размерами которого можно пренебречь. Но разве тело, к которому «пришпилена» идея материальной точки, остается объектом природы? Таких нет. Уравнивание объекта изучения с одной моделью резко сужает эвристический потенциал знаний. А ведь на практике это нередко так. Отсюда и нетрадиционный взгляд на физический эксперимент: в опытах происходит экспериментирование со знаниями, с моделями, но в форме действий с некими материальными объектами. Но фактически почти сразу и неосознанно мы их «превращаем» в предметы: шарик в материальную точку, газ в идеальный газ, поле в однородное поле и т. д.

Почти общеизвестно, что содержание изучаемого материала по смыслу, форме, объектам, структуре (логике), методологии развертывания должно удовлетворять социальным и познавательным потребностям школьников. Объективные знания о мире должны приобрести субъективную окраску. Только тогда они будут освоены, в смысле использованы. Не случайно учителя бьются за интерес к предмету, за самостоятельность в усвоении знаний, где прямо подразумевается больший их выбор. Все более существенной и необходимой характеристикой развития ученика становится рефлексия, где осознанность действий и их результатов «делает» знания субъективно значимыми. Вопросы методологии познания мира, которые впервые в явном виде и достаточно четко выделены в стандарте физического образования, прямо работают не только на усвоение специфических знаний, но и на усвоение всех знаний.

В настоящее время практически доказанным фактом является «старение» учебных систем знаний. Почему так происходит? Да потому, что за определенное время (ориентировочно время одного поколения) изменяется деятельность людей. При этом роль, значимость, функции известных знаний могут существенно измениться. Происходит изменение системы знаний вообще, но наиболее значимо – учебных систем знаний. Именно они готовят нас к вызовам будущего. Выразителем этих изменений является методология как область знания о жизни знания. Только имея четкие идейные ориентиры можно весьма продуктивно использовать разные технологии обучения, в том числе и в виде системы моделей уроков.

Технология обучения, по определению, должна включать диагностируемые цели, средства их достижения и средства контроля. Но построить формально логическую систему диагностируемых це-

лей физического образования вряд ли возможно. Можно предложить более или менее разумную совокупность целей, часть из которых более или менее однозначно диагностируема. Значит, роль учителя как интерпретатора (и проводника) целей трудно переоценить. На практике, например, он «измеритель» качеств школьников, он диагностирует и оценивает знания и умения в меру своего понимания целей обучения. Вот почему значимость образования самого учителя так велика. Именно поэтому в разрабатываемой нами методике не только даются технологические решения, но и стимулируются творческие поиски учителя. Ведь в конечном итоге задача методики помочь учителю в построении своего собственного урока, системы уроков, системы обучения.

В предлагаемых моделях уроков в форме рекомендаций по построению учебного процесса расшифровываются для учителя возможные методические решения для планирования занятий, выбора отдельных приемов организации обучения. С нашей точки зрения это расширяет потенциал учебника, помогает учителю гибко ориентироваться в учебных системах знаний, в том числе и дополнительных. Практика выше любой модели, любой технологии. Но без идей, идеальных схем – нет эффективной практики. Дело за тем, чтобы разумно использовать выработанные методикой физики модели.

Модели и моделирование в содержании современного учебника. Несомненно, учебник задаёт нормы деятельности. Но задать их так, чтобы в учебном процессе они идеально «распаковывались», расшифровывались и усваивались – невозможно. Слишком многофакторный (человеческий!) этот процесс. И возникает проблема: как соединить фундаментальность, классичность (традиции) и новации? Иначе, как соединить поколения в образовательном процессе?

Обычно из-за многих ограничений поиск новых решений для учебника сложен. Для случая нашей темы приведём с кратким обоснованием несколько принципиальных решений организации моделирования средствами учебника [134–137].

Приём первый: модели в содержании. Фрагмент методики изучения изопроцессов в термодинамике: 1. Введение в новый материал начинается с краткого повторения теории: Какое явление описывает уравнение Менделеева-Клапейрона? (Описывает не явление, а состояние газа. Причём для описания используется модель газа – идеальный газ.) 2. Дается определение изопроцесса по учебнику. Важно иметь полную определенность, изопроцесс – это явление (изменение состояния) с газом. Причиной того или иного изопроцесса является теплопередача или внешнее действие на газ. А для описания этих простых явлений используется модель «идеальный газ». (Очевидно, при определении любого изопроцесса осуществляется некое абстрагирование, т.е. уже при определении явления используются модельные представления. Хотя на этом этапе статус реальности изопроцесса не меняется, а только ограничивается.) Далее для этой модели получают знания об изопроцессе.

Фрагмент методики изучения пара: Для каждого физического объекта или явления можно построить несколько моделей. Познание выражается во все более точном построении моделей. Для газа известны две модели; модель реального газа точнее описывает взаимодействие частиц газа, точнее задает объемом частиц. Но для этой модели уравнения состояния газа уже сложнее

$(p + \frac{v^2 a}{V^2})(V - vb) = \nu RT$. В школе его практически не используют. С помощью мо-

дели реального газа можно объяснить конденсацию пара в воду: на малых расстояниях из-за взаимодействия частиц пара образуются системы частиц – получается жидкость. 2. Рассматривается пар и его характеристики. При изучении организуется беседа по вопросам: В чем выражается явление парообразования? Какова его МКТ модель? Чем с точки зрения МКТ насыщенный пар отличается от ненасыщенного? Почему давление насыщенного пара растет быстрее, чем в случае идеального газа? Какое состояние насыщенного пара называют критическим?

Фрагмент методики изучения поверхностного натяжения:

1. Сначала определяется жидкость как объект, затем повторяются свойства жидкости как факты. Для этого хороши простые опыты: текучесть при переливании воды, вода в стакане, а затем чайнике (форма сосуда), сжатие воды в одноразовом шприце... Определение модели. Важно подчеркнуть, что модель позволяет объяснить названные свойства. Например, практическую несжимаемость жидкости. Рассматривается плотность расположения частиц по рисунку учебника. 2. Новое физическое явление – поверхностное натяжение жидкости. Для введения явления учитель ставит опыт по учебнику. Учебная проблема: какова модель нового явления. Эту теорию, по логике учебника, с выполнением рисунков на доске излагает учитель. Параллельно организуется беседа по вопросам: Почему для объяснения поверхностного натяжения строят МКТ-модель? Чем отличается МКТ-модель жидкости от модели идеального газа? Чем с точки зрения МКТ объясняются особые свойства поверхности жидкости? 3. По инструкции учебника выполняется экспериментальное исследование поверхностного натяжения воды. Отчет предлагается по форме (дана на доске): название работы, краткая теория с рисунком, данные об измерении диаметра, массы капель, расчет массы одной капли, расчет поверхностного натяжения воды, оценка погрешностей, вывод. 4. Подведение итога урока организуется по вопросам: Какая модель жидкости хорошо объясняет свойства жидкости? (Свойства жидкости, в том числе новое явление поверхностного натяжения, хорошо объясняются на основе молекулярно-кинетической модели жидкости.) В чем выражается данная модель? Если у неё границы применимости?

Фрагмент методики изучения атома по Бору: Новый шаг в понимании строения атома сделал в 1913 году великий датский физик **Нильс Бор** (1885-1962). Для объяснения известных экспериментальных фактов он построил модель атома на основе следующих постулатов:

- Атомная система может находиться в особых стационарных состояниях с определенной энергией E_n ; в стационарных состояниях атом не изучает.

- Правило квантования стационарных состояний имеет вид $mvr = n \frac{h}{2\pi} = n\hbar$. Бор гениально угадал это правило, позднее его получили из условия укладывания на орбите электрона целого числа волн де Бройля электрона, т.е. $2\pi \cdot r = n \frac{h}{m\nu}$, откуда $m\nu \cdot r = n \frac{h}{2\pi}$.

- Изучение света атомом происходит при переходе из одного стационарного состояния в другое: $h\nu = E_n - E_m$.

3. **Выводы модели атома Бора для водорода.** Из сравнения формул $\nu = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ и $\nu = \frac{E_n}{h} - \frac{E_m}{h}$ следует, что энергия в стационарном состоянии n имеет вид $E_n = -\frac{Rh}{n^2}$, где $n = 1, 2, 3, \dots$. Это целое число n называют главным квантовым числом, оно характеризует энергетическое состояние атома. Расчет дает значение $E_n = -13,6 \cdot \frac{1}{n^2}$ эВ.

Приём второй: теоретическое исследование. 1. Оцените по экспериментальным данным (кривая линия на рис. 3.6) при каких давлениях для кислорода хорошо выполняется закон Бойля-Мариотта? (**Решение.** Поведение газа постоянной массы при постоянной температуре в принципе всегда отличается от закона Бойля-Мариотта для идеального газа. Иное дело, что эта модель (и закон) в широком диапазоне давлений может хорошо описывать поведение газа, например, кислорода. Это и показывает график. Основные причины отклонения поведения газа от идеального газа в особенностях модели идеального газа: в природе частицы газа всегда имеют конечные размеры, на расстоянии могут взаимодействовать. Ответ в данном случае простой: в диапазоне давлений до 400 атм. сравнительно хорошо выполняется закон Бойля-Мариотта.)

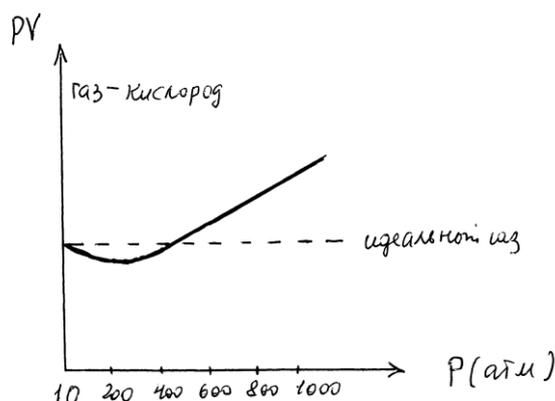


Рис. 3.12

2. Изучим основные особенности взаимодействия молекул с помощью модели. (**Решение.** На стеклянной палочке или стальном стержне два-три керамических магнита с помощью клея или изолянта неподвижно закреплены, два-три другие свободно перемещаются, поролоновая шайба или слабая пружинка присоединена к неподвижному магниту (рис. 3.13). Магниты моделируют молекулы, пружинка моделирует отталкивание молекул на небольшом расстоянии. На расстояниях в 5 и больше размеров молекул силы взаимодействия не проявляются и частицы (магниты) свободны. При уменьшении расстояния растет сила притяжения, но она быстро компенсируется силой отталкивания упругости пружины (поролон). Наступило состояние равновесия, в нем действующие силы компенсируют друг друга... Далее качественно строится график потенциальной энергии взаимодействующих частиц, с его помощью объясняется их поведение.)

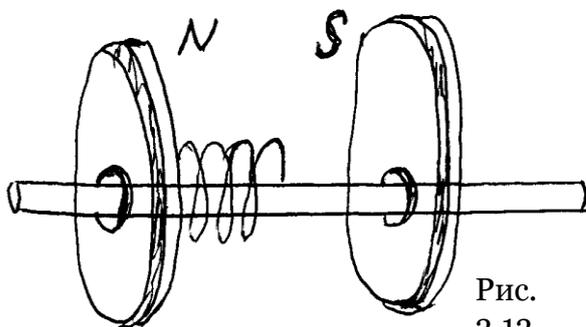


Рис. 3.13

сируют друг друга... Далее качественно строится график потенциальной энергии взаимодействующих частиц, с его помощью объясняется их поведение.)

Приём третий: теоретико-экспериментальное исследование. Экспериментально определите, меняется ли быстрота разрядки электромметра (см. рис. 3.4), если цинковую пластинку заменить на медную пластинку. Эффект теоретически объясните.

В опыте при замене пластинки фиксируется резкое уменьшение разрядки электрометра – при малом времени наблюдения, можно сказать, что он не разряжается.

Какова же **теоретическая модель** фиксируемого факта? Поток излучения один и тот же. Но заметим, что ультрафиолетовое излучение имеет интервал частот от $8 \cdot 10^{14}$ Гц до $3 \cdot 10^{16}$ Гц, а значит и фотоны имеют разную энергию. Какие-то из них выбивают электроны, какие-то, может быть, – нет. Возьмем крайний случай – излучение максимальной частоты, энергия таких фотонов будет $E = h\nu = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^{16} \text{ Гц} \approx 2 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$. Работа выхода для

цинка $5,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$, а для меди – $8,3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Энергии этих фотонов достаточно для выбивания электронов из цинка и из меди.

Остается проблема: почему же нет фотоэффекта в случае медной пластинки? Выскажем гипотезу: значит, фотонов с достаточной

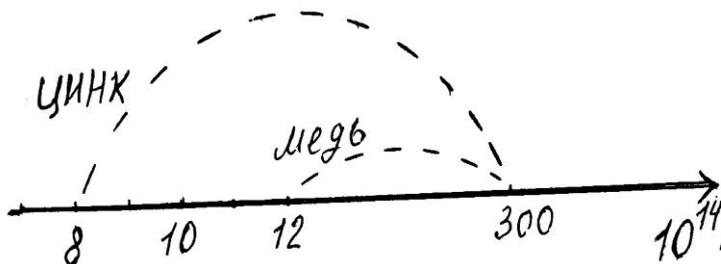


Рис. 3.14

энергией в излучении мало, или нет совсем. Определим частоту красной границы для меди:

$$\nu = \frac{E}{h} = \frac{8,3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}}{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}} \approx 1,2 \cdot 10^{15} \text{ Гц}.$$

На рисунке 6.14 показан интервал частот ультрафиолетового излучения, для которого будет происходить фотоэффект для случая медной и цинковой пластинок. Для цинка красная граница меньше:

$$\nu = \frac{E}{h} = \frac{5,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}}{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}} \approx 0,8 \cdot 10^{15} \text{ Гц}.$$

Какой вывод следует на основе экспериментальных фактов и теоретических представлений? По-видимому, наш источник ультрафиолетового излучения дает излучение сравнительно узкой полосы частот от $8 \cdot 10^{14}$ Гц до $12 \cdot 10^{14}$ Гц. Конечно, он дает излучение и меньшей частоты, но уже видимой части спектра. Проверяем теоретический вывод по паспорту прибора.

Приём четвёртый: подбор и построение специальных задач на использование моделей.

1. Как объясняется с помощью модели «кристаллической решетки» плотность твердых тел? Изменяется ли при наличии дефектов движение частиц и их взаимодействие? Чем отличаются реальный кристалл, например, горного хрусталя, и кристаллическая решетка? 2. Докажите, что понятие траектории не применимо к микрочастице. **Решение.** Траектория – это линия, по которой движется частица, моделируемая материальной точкой. Если известна траектория. То в каждый мо-

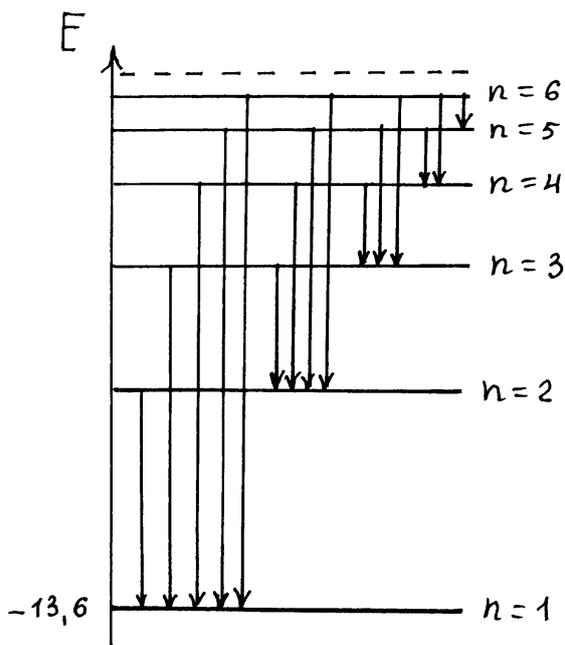


Рис. 3.15

мент времени точно определены координаты и скорости микрочастицы. Но это противоречит принципу неопределенностей.) 3. Получите на основе изучения модели – энергетической диаграммы атома водорода – знания об атоме водорода. Для этого выполните задания: а) Используя значение энергии атома водорода в основном состоянии, т.е. состояние с минимальной энергией $-13,6$ эВ, и обратную пропорциональную зависимость её от n , прографируйте условную схему энергетических уровней (см. рис. 3.7). б) Постоянно ли расстояние между уровнями? При каких значениях n происходит более плавное изменение энергии атома? Можно ли сказать, что при больших n энергия атома изменяется практически непрерывно? в) Какую наибольшую и наименьшую энергии может излучить атом из совокупности шести прографированных значений? г) Сможет ли атом водорода излучить квант света величиной $9,0$ эВ? Можем ли мы увидеть излучение атома водорода, возникшее в результате перехода с четвертого энергетического состояния на первое? 4. Каковы основные положения протонно-нейтронной модели ядра? (Ответ. Ядро состоит из нуклонов, протонов и нейтронов; заряд ядра зависит от числа протонов, масса – от числа нуклонов; между нуклонами существует сильное взаимодействие.) Каково строение ядра атома? Могут ли быть иные модели атомного ядра? (Ответ. Да.)

Приём пятый: пример решения задачи: С какой скоростью свинцовая пуля должна удариться о преграду, чтобы полностью расплавиться, если при ударе на нагревание идет 60% её кинетической энергии? Температура пули до удара известна, тепловые характеристики свинца тоже.

(Решение. Анализ физического явления. Можно выделить три физических явления: механическое движение пули, нагревание пули от температуры среды (воздуха) до плавления, плавление. Есть ли другие физические явления в описанном сюжете?

Идея решения. 60% механической энергии пули равно количеству теплоты, идущей на нагрев пули от 27 °С (это наш выбор, раз прямо температура среды не задана) до 327 °С, плюс количество теплоты, идущее на плавление.

Решение (математическая модель). Построим уравнение закона сохранения энергии $\eta E_k = Q_1 + Q_2$ или $\eta E_k = mc(t_2 - t_1) + m\lambda$, где t_1 – температура среды, t_2 – температура плавления, $\lambda = 2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг – удельная теплота плавления свинца, $c = 130$ Дж/кг К – удельная теплоемкость свинца.

Общее решение будет $v = \sqrt{\frac{2c(t_2 - t_1) + 2\lambda}{\eta}}$. Расчет дает приближенное

значение $v = \sqrt{210000} = 460$ м/с.

Анализ решения. Реальна ли такая скорость для пули? Да, реальна. Реально ли плавление пули при ударе? Этот вопрос задает границы нашего рассмотрения явления. В рамках существующих явлений пуля расплавится, но на практике при ударе важную роль могут играть не выделенные нами явления. Например, если деформация и нагрев препятствия сильно уменьшают КПД процесса – с 60% до 1%, то как тогда? Ориентировочно скорость пули должна тогда быть более 2000 м/с. Реально ли это? Если нет, то наша модель уже не работает.)

Приём шестой: домашнее исследование: моделирование радиоактивного распада. Оборудование: 100 копеечных монет, коробка.

Теория исследования. Каждая монетка играет роль ядра атома и может находиться в двух состояниях: цифрой вверх – ядро существует, цифрой вниз – ядро распалось. Монеты, рассыпанные на столе, определяют состояние ядер радиоактивного вещества – распались или нет. Перемешивание монет в коробке, затем высыпание их на стол обозначает явления за время периода полураспада. Распавшиеся ядра для следующего опыта удаляются.

Задание 1. Проведите три-четыре опыта, зафиксируйте в каждом случае число оставшихся «ядер», постройте график зависимости N от времени (числа

периодов полураспада). Сравните полученный график с графиком закона радиоактивного распада.

Задание 2. С помощью построенной графической модели разрешите проблемы: Какова вероятность распада ядра атома за период в нашей модели? Можно ли точно предсказать, что данное ядро распадется через полпериода? Можно ли экспериментально это доказать, пометив фломастером одно «ядро-монету» и повторив опыт?

Выводы: 1. Последовательное использование моделей и моделирования в учебном процессе можно обеспечить доступными методическими проектами (моделями). 2. Эти методические решения не разрушают (а уточняют) классическое конструирование вопросов содержания в учебнике.

3.5. Дидактические функции моделирования при освоении теоретических обобщений

Теоретическое отношение к действительности остаётся приоритетной задачей для развития школьников средствами физики. Не просто изучение каких-то вопросов физики, а освоение научного метода познания, ведущих теоретических идей современной физической картины мира, методов описания явлений фундаментальных физических теорий. Все ключевые проблемы содержания физического образования прямо или косвенно упираются в использование моделей, в целом описаний.

Методология обеспечивает единообразие процедур деятельности (генерализация знаний и действий), обеспечивает экономное и эффективное усвоение, в том числе при выполнении обобщений. Возможны **следующие приемы:** а) в форме прямых вопросов организуется рассмотрение норм познания: Какие основные этапы включает метод научного познания? Что такое гипотеза? Какова роль наблюдений при постановке проблемы для исследования? Каким требованиям должна удовлетворять научная гипотеза? Почему гипотезы нуждаются в экспериментальной проверке? Какие факты из наблюдений дают основания для предположения о том, что в покое куске раскаленного железа существует движение невидимых частиц, «имеется движение какой-то материи»? б) организуется постоянный контроль по результатам экспериментальной деятельности: Чем обеспечивается достоверность научных знаний (фактов, законов, гипотез, научных объяснений и предвидений)? Какие гипотезы выдвигались в ходе эксперимента? Докажите, что движение тел по окружности можно объяснить как следствие законов Ньютона. Какие опыты следует поставить, чтобы проверить данную гипотезу? На основе какого исследования явления получена эта... зависимость? Какие выводы из закона можно проверить экспериментально? Где эти выводы применяются на практике? в) постоянно обсуждаются вопросы мировоззрения: Можно ли систему отсчета считать моделью? Существуют ли силовые линии в приро-

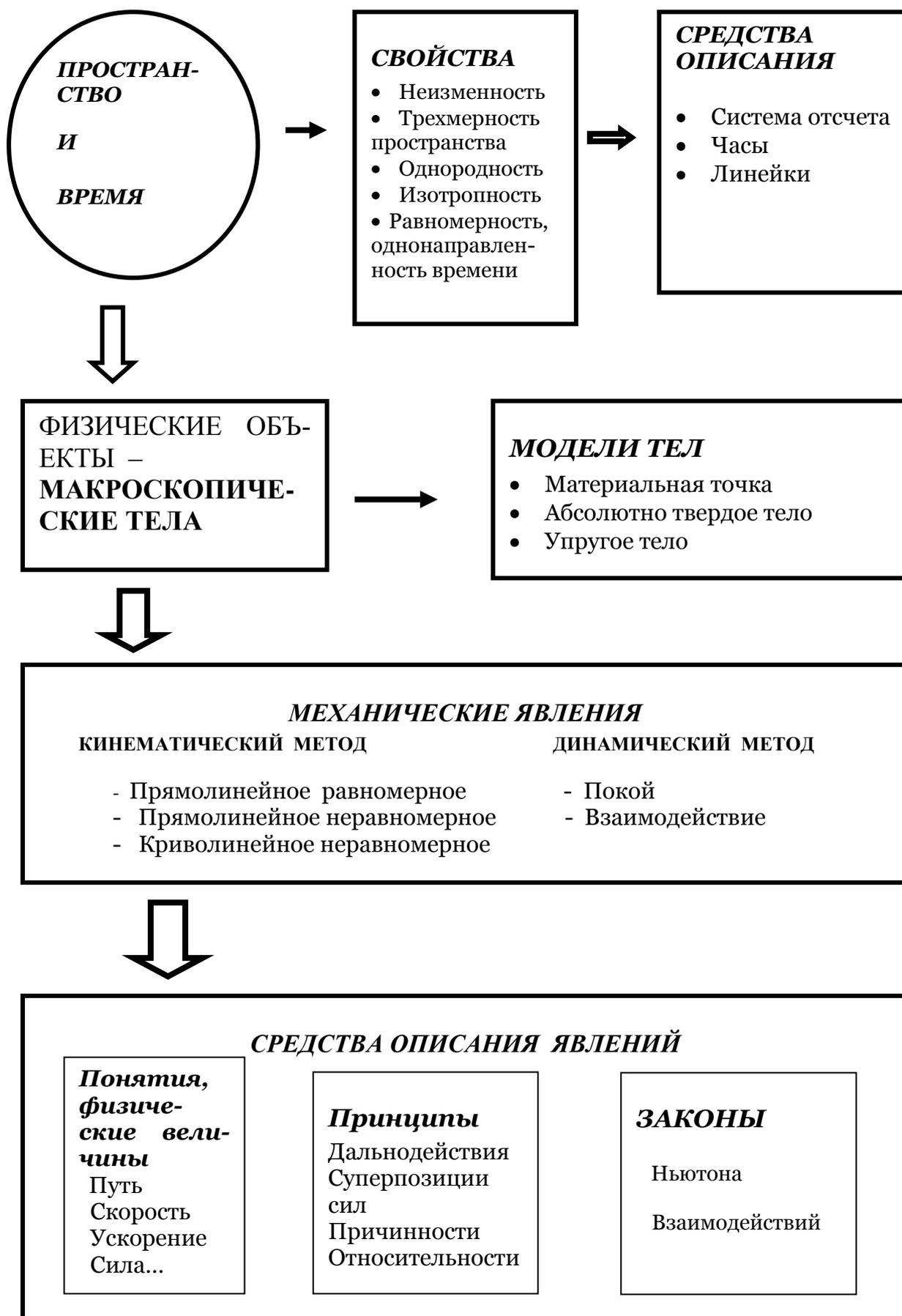
де? Можно ли считать движение автомобиля при торможении инерциальным движением?

Для успешного освоения формирования норм методологической культуры в обучении физике необходима постоянная обратная связь, нужен режим педагогического эксперимента или творческого поиска. Только такая работа позволяет уточнять требования, совершенствовать методику изучения вопросов, в итоге – получить долговременный образовательный эффект. Проводимый педагогический эксперимент, в том числе по освоению нового учебника (В. Г. Разумовский и др.), позволяет утверждать: а) уже на второй год изучения вопросов методологии научного познания школьники выходят на типичный и для других знаний уровень усвоения (60-70%), что говорит о доступности и актуальности рассматриваемого содержания, б) растёт осознанность, осмысленность знаний, выраженная в интересе школьников к деятельности экспериментирования и моделирования, в) под углом зрения методологии учителем практически для каждого урока находятся новые содержательные и процессуальные методические решения, г) проблем текущего усвоения методологических знаний пока остается много, но это понятные и решаемые проблемы роста, движения вперед.

К видам теоретических обобщений в школьном курсе физики относят понятия (физические величины), законы, теории, физическую картину мира (В. В. Мултановский). И для каждого обобщения можно выделить отношение «реальность – описание»: свойство объекта или явления – понятие как описание свойства, явление как физическое действие или взаимодействие объектов – закон как физико-математическая модель, группа физических явлений – теория как их замкнутая модель, все объекты и явления физического мира – картина мира как качественная фундаментальная модель этого мира. Поскольку в учебных целях для всех обобщений важное значение имеет явно выделяемый метод построения систем знаний (понятий), то для методики физики выделим два подхода: а) для статических систем знаний логику «основание – ядро – следствия», б) для процесса учебного познания логику «факты, проблема – гипотеза, модель – следствия, выводы – практика, эксперимент». В рамках этих структур место и содержание моделей и моделирования несёт особенный характер. Обратимся к примерам методических решений, выделяя и обозначения их по видам знаний (см. схемы-модели ниже). Такой подход был реализован для большого числа понятий, законов, теорий (Ю. А. Сауров, 1992, 1996, 1998, 2005, 2008, 2010).

Наиболее трудным технологическим решением оказалось схематическое структурирование материала (см. табл. ниже). Сами таблицы играют роль методической модели, но кроме того в их содержании структурно и содержательно выделены модели в структуре научного метода познания, модели физических объектов и явлений на этапе моделирования.

МЕХАНИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА



КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

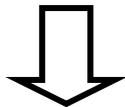
**ОСНОВАНИЕ
(ФАКТЫ)**

- **Существование газов** в природе; свойства газов – сжимаемость, давление и др.
- **Понятия:** масса, давление, объём и др.
- **Экспериментальные факты:** изменение давления данного объема газа при нагревании, изменение объема газа при нагревании при постоянном давлении и др.



**ЯДРО
(МОДЕЛЬ)**

- **Модель идеального газа:** а) молекулы – материальные точки, б) материальные точки хаотически движутся, упруго отталкиваясь при столкновении, в) потенциальная энергия много меньше кинетической и ею пренебрегают
- **Понятия:** средней кинетической энергии молекул идеального газа, абсолютной температуры
- **Законы:** основное уравнение МКТ идеального газа: $p = nkT$; уравнение состояния идеального газа $PV = \frac{m}{M}RT$



СЛЕДСТВИЯ

- Опыт Штерна
- Температурные шкалы
- Газовые законы – Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля
- Расчет параметров (P, V, T) газов
- Объяснение явлений природы и техники

В итоге выделим основные **дидактические функции** методических и физических моделей.

Методическая схема-модель: а) задаёт иерархию учебных знаний, б) является ориентировкой методической деятельности, в) задаёт в специфической форме образовательную реальность.

Физические модели объектов и явлений в рамках методической модели раскрывают: а) содержание этапа моделирования, б) задают содержание физических моделей, в) интерпретируют знания как модели, г) показывают связи понятий и моделей, д) определяют и обосновывают границы применимости моделей.

* *
*

В главе обозначены контуры действительности моделирования в обучении физике. Всех элементов этой действительности мы задать не можем. Эта работа большого числа методистов и учителей. Но мотивы, ориентировки, процедуры методической деятельности по использованию моделирования, надеемся, здесь можно найти.

Считаем, что в итоге мир моделей и моделирования может и должен стать образовательной реальностью во всех школах. Он определяет многое...*

* «В случае человеческой реальности мы имеем дело с такими событиями и явлениями в мире, которые есть и возможны, только доопределившись включением в них сознания... Например, в той же физике я могу воспринять падение тела как таковое, но не могу воспринять расположение тел относительно друг друга, не имея заранее их понимающей предупорядоченности – правого и левого, впереди и сзади и так далее» [94, с.369, 370].

Заключение

Фактически, как только человек начинает мыслить научно, он использует абстракции как начальные элементы знания.

*В. В. Мултановский**

...не поступайся ширью, храни живую точность, точность тайн, не занимайся точками в пункте и зёрен в мере хлеба не считай!

Б. Пастернак

Методическое и физическое мышление невозможно без эффективного использования моделей. Но главное развитие любого субъекта от школьника до школ, понимание этими субъектами действительности связано с осознанным использованием разного рода моделей. *Отсюда наш принцип: субъектность всегда модельна.*

Модели как и мышление – субстанциональны. Во всяком случае, такова наша европейская культура. В принципе получается, что без моделей мы не можем ни «видеть-понимать» мира, ни строить объекты ноосферы (технические объекты и явления), ни транслировать опыт в обучении. Отсюда уважительное отношение к построению и использованию моделей.

Методика обучения физике пока трудно осваивает язык моделей во всех своих аспектах: нет последовательного и широкого освоения достижений философии на уровне построения методических текстов; нет ясности в построении и правилах использования (в том числе и согласования) методических моделей; нет последовательных, согласованных, простых решений использования моделей в содержании физического образования; мало методических наработок по организации моделирования как учебной деятельности; сделаны только первые шаги в построении диагностики усвоения знаний и умений о моделях, нет систематических данных о формировании моделирования и др. Словом, проблем для научного исследования остаётся немало.

И всё же данная работа, по нашему мнению, завершена. Она задаёт рамку – в меру обобщенную и конкретную – для понимания ролей моделирования в обучении физике. И наша гипотетическая идея обоснована. Работа задаёт ориентировки дальнейшей деятельности, т. е. она задаёт будущее.

* Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. М.: Просвещение, 1977. с. 17.

Приложение

Типичные задания для текущего контроля знаний и умений о моделях и моделировании

Общие вопросы

1. Согласно распространенной модели Вселенной «Большой взрыв» время её существования оценивают в 10^{10} лет. Оцените размеры пространства Вселенной сейчас. Есть ли границы применимости такой оценки?
2. В науке модель объекта (или процесса) отражает:... А. Основные черты объекта. Б. Характеристики объекта, которые можно измерить. В. Свойства объекта. Г. Нет верного ответа.
3. Гипотеза может стать научной теорией, если ее основные положения... А. Подтверждаются другой теорией. Б. Подтверждаются всеми известными экспериментами. В. Не подтверждаются экспериментами. Г. Не противоречивы.
4. Что является источником физических знаний? (Выберите наиболее полный ответ.) А. Чтение книг. Б. Опыты. В. Наблюдения и измерения. Г. Наблюдения, опыты, размышления.
5. Чем отличается гипотеза от модели? (В реальности выбраны ответы: А. Это зависит от использования знаний. Б. Ничем. В. Модель – знание, а гипотеза нет. Г. Гипотеза – это предположение о природе. Д. Модель справедлива всегда, а гипотеза – нет. Ответ «Г» – наиболее популярный. Но составляя модели, мы тоже задаём предположения о закономерностях и др. Модель появляется на определенном этапе развития гипотезы. Модель уже дает знание, а вот гипотеза – еще нет.)
6. Моделями чего являются принципы дальнего действия и ближнего действия?
7. Можно ли считать любой физический закон моделью физического явления? Приведите примеры.
8. Чем отличается физическая модель судна от его макета?

Механика

9. Приведите примеры физических явлений, при которых Землю а) можно принять за материальную точку, б) нельзя принимать за материальную точку. Чем является материальная точка в механике: материальным или идеальным объектом?
10. В учебнике физики написано: «Масса является физической величиной». Это утверждение является... (из приведённых ниже выберите верный ответ). А. Фактом. Б. Названием явления. В. Физическим законом. Г. Определением.
11. В учебнике физики написано: «Плотность есть физическая величина, равная отношению массы тела к его объему». Это утверждение является... (из приведенных ответов выберите правильный). А. Определением. Б. Физическим законом. В. Опытным фактом. Г. Названием явления.
12. В каком из высказываний перечислены лишь объекты природы? А. Камень, облако, вода. Б. Твердое тело, скорость, плотность. В. Сила тяжести, масса, мензурка. Г. Масса, скорость, инерция.
13. Что такое «материальная точка»? А. Маленькое тело. Б. Макроскопическое тело. В. Геометрическая точка. Г. Модель тела.

14. Можно ли назвать первый закон динамики моделью инерциального движения?

15. Какое физическое явление описывает второй закон Ньютона? А. Движение тел. Б. Взаимодействие двух тел. В. Равновесие тел. Г. Действие на ускоренно движущееся тело.

16. В учебнике физики написано: «Силу упругости, действующую на тело со стороны опоры, называют силой реакции опоры». Это утверждение является... (из приведённых ниже ответов выберите верный). А. Определением величины. Б. Физическим законом. В. Опытным фактом. Г. Гипотезой.

17. Можно ли считать математический маятник моделью? И чему он отличается от пружинного маятника? Ответ всесторонне обосновать. Можно ли считать моделью наблюдаемые на экране волны, полученные в результате отражения света от волн, бегущих на поверхности воды? В чем основной недостаток представлений о гармонической волне?

Молекулярная физика

18. Что называют идеальным газом? Какие факты являются фундаментальными для молекулярной физики? Объясните, почему в модели газа «идеальный газ» взаимодействие молекул, с одной стороны, необходимо, а с другой – им можно пренебречь.

19. Чем отличаются идеальный газ от реального газа, реальный газ от газа?

20. Для какой модели формулируется закон Бойля-Мариотта? И почему все же он описывает явление природы?

21. Какие модели жидкости изучают в школе? Какие модели твердого тела вам известны? Чем отличается кристалл от кристаллической решётки? Термодинамическая система – это объект природы или объект теории? Как это доказать?

22. Можно ли построить модель явления кипения воды? Какие МКТ модели явлений вам известны?

23. Есть ли границы применимости у второго закона термодинамики? Как они формулируются? Есть ли исключения в применении первого закона термодинамики?

24. К чему относят цикл Карно: к явлению природы или модели? И есть ли у явления природы границы применимости?

25. Можно ли отнести закон Гука к моделям? И моделям чего? Каковы границы применимости закона Гука?

Электродинамика

26. Какое из высказываний относят к теоретической модели при изучении явления взаимодействия электрических зарядов? А. Закон Кулона выполняется только в том случае, если заряженные тела можно представить точечными зарядами. Б. В основе работы ксерокса используется явление электризации. В. Первые наблюдения притяжения и отталкивания тел в результате взаимного трения отмечались еще в VI в. до н. э. в Греции. Г. Сила взаимодействия между двумя зарядами прямо пропорциональна произведению модулей зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

27. Что такое однородное поле: материальный или идеальный объект? Можно ли с помощью эксперимента изучать свойства линий напряженности электрического поля? Каковы границы применимости закона Кулона? Есть ли

границы применимости у закона сохранения заряда? Взаимодействуют ли электрические поля двух неподвижных зарядов между собой?

28. Подчеркните в нижеприведенном списке терминов одной чертой – модели, двумя чертами – названия физических явлений, тремя чертами – физические величины: закон Кулона, напряженность, точечный заряд, силовые линии, электрический ток, сила Лоренца, самоиндукция, электроемкость, напряжение, магнитное поле.

29. В учебнике написано: «В замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц остается неизменной». Это утверждение является ...(из приведенных ответов выберите верный): а) определением явления, б) физическим законом, в) опытным фактом, г) названием явления.

30. В каком из ответов приведены лишь названия моделей физических явлений? А. Взаимодействие зарядов, действие поля на заряд. Б. Напряженность, энергия, сохранение заряда. В. Системы зарядов, энергия поля. Г. Нет верного ответа.

31. Из перечисленных ответов выберите тот, в котором перечислены модели физических объектов:... А. Заряд, конденсатор. Б. Напряженность, энергия. В. Взаимодействие зарядов, действие поля на заряд. Г. Точечный заряд, однородное электрическое поле.

32. Какое из утверждений является моделью взаимодействия зарядов? А. Электрические поля влияют друг на друга. Б. Отношение потенциальной энергии к заряду не зависит от помещенного в поле заряда. В. Весь статический заряд проводника сосредоточен на его поверхности. Г. Поле одного заряда действует на другой заряд.

33. Моделью какого физического явления является закон Ома для участка цепи? А. Нагревания проводника, по которому идет ток. Б. Магнитного действия электрического тока. В. Полной замкнутой электрической цепи. Г. Прохождения постоянного электрического тока.

34. Какие факты лежат в основе представлений электронной проводимости металлов? А. Делимость вещества, существование проводников. Б. Наличие зарядов, существование полей. В. Существование электрического тока, делимость вещества. Г. Существование электронов, отсутствие переноса вещества электрическим током.

35. Однородное электростатическое поле является: ... А. Физической величиной. Б. Физическим объектом. В. Идеальным объектом науки. Г. Законом.

36. Какой график является моделью явления возрастания сопротивления металла от температуры? (Даны четыре графика.)

37. Какая математическая модель (закон) правильно описывает действие магнитного поля на проводник с током? А. $F_A = IBl \sin$. Б. $F_L = qvB \sin$. В. $F = Eq$. Г. Закон Кулона.

38. Какая графическая модель верно описывает постоянный электрический ток в вакууме? (Даны графики вольтамперной характеристики.) Какая графическая модель верно описывает зависимость сопротивления полупроводников от температуры? (Даны разные графики.)

39. На лабораторной работе ученик рассчитал заряд электрона, изучения постоянный электрический ток в электролите. Какая модель использовалась при выполнении этого исследования? А. Точечный заряд. Б. Закон Ома. В. Закон Кулона. Г. Нет верного ответа.

40. Чем является точечный заряд? А. Явлением природы. Б. Физическим объектом. В. Физической величиной. Г. Нет верного ответа.

41. В учебнике написано: «В замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц остается неизменной». Это утверждение является ...(из

приведенных ответов выберите правильный). А. Определением явления. Б. Формулировкой закона. В. Опытным фактом. Г. Названием явления.

42. Для какой модели объекта справедлив закон Кулона? А. Точечный заряд. Б. Заряженное тело. В. Для двух зарядов. Г. Для взаимодействия зарядов.

43. Солнечный свет падает на поверхность тонкой плёнки, в результате чего наблюдается радужная её окраска. Чем является данное описание? А. Моделью. Б. Физической величиной. В. Гипотезой. Г. Физическим явлением.

Квантовая физика

44. Какие модели атома вам известны? Какая из них является более точной? Почему и сейчас используют несколько моделей одновременно? Чем они отличаются от изучаемого объекта? Почему в начале XX века были обнаружены границы применимости моделей классической физики? Имело ли это практическое значение?

45. Чем модель атома по Бору отличалась от модели атома Резерфорда? Есть ли недостатки у модели атома по Бору? Какие? Были ли они преодолены?

46. Почему волны де Бройля считают модельными образованиями (волнами вероятности)?

47. Почему известно несколько моделей ядра атома? Чем отличаются капельная модель ядра от нуклонной модели?

48. В каком из высказываний перечислены лишь характеристики физических явлений? А. Тепловое излучение, вырывание электронов с поверхности металла, масса фотона. Б. Фотоэффект, фототок, давление. В. Фотон, импульс, работа. Г. Свет, фотоэффект, скорость света.

49. Что такое физическая картина мира (ФКМ)? А. Отражение объективной реальности. Б. Картина восприятия мира человеком. В. Физическая модель природы. Г. Процесс зарождения, становления, развития природы.

50. Каковы границы применимости ФКМ? А. Нет границ применимости. Б. Границы не определены. В. Границ по определению быть не может. Г. Границы применимости есть и они известны.

Библиографический список*

1. Агошкова Е. Б. Категория «система» в современном мышлении // *Вопр. философии.* – 2009. – № 4. – С. 57-71.
2. Андреев В. И. Об оценке и развитии исследовательских способностей старшеклассников в обучении физике. – Казань, 1975. – 157 с.
3. Андреев В. И. Педагогика: Учебный курс для творческого саморазвития. – Казань: Центр инновационных технологий, 2003. – 608 с.
4. Атепалихин М. С., Сауров Ю. А. Вопросы методологии физических измерений при обучении физике: монография. – Киров: Изд-во Кировского ИПК и ПРО, 2005. – 106 с.
5. Антология мировой философии в четырех томах. Том 2. – М.: Мысль, 1970. – С. 223-231, 231-295.
6. Ахутин А. В. История принципов физического эксперимента. – М.: Наука, 1976. – 292 с.
7. Ахутин А. В. Эксперимент и природа. – СПб.: Наука, 2012. – 660 с.
8. Библер В. С. Мышление как творчество: Введение в логику мысленного диалога. – М.: Политиздат, 1975. – 399 с.
9. Бондаревская Е. В. В защиту «живой» методологии // *Педагогика.* – 1998. – № 2. – С. 102-105.
10. Бор Н. Атомная физика и человеческое познание. – М.: Изд-во иностранная литература, 1961. – 151 с.
11. Борн М. Эйнштейновская теория относительности. – М.: Мир, 1972. – 368 с.
12. Борн М. Размышления и воспоминания физика. – М.: Наука, 1977. – 280 с.
13. Бранский В. П. Теория элементарных частиц как объект методологического исследования. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. – 257 с.
14. Бриллюэн Л. Новый взгляд на теорию относительности. – М.: Мир, 1972. – 142 с.
15. Бунге М. Философия физики. – М.: Прогресс, 1975. – 347 с.
16. Бутырский Г. А., Сауров Ю. А. Экспериментальные задачи по физике: 10-11 кл. общеобразоват. учреждении: кн. для учителя. – М.: Просвещение, 1998. – 102 с.
17. Вавилов С. И. Собрание сочинений. Т. 3. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 870 с.
18. Вавилов С. И. Ленин и современная физика. – М.: Наука, 1977. – 72 с.
19. Величковский Б. М. Когнитивная наука: Основы психологии познания: в 2 т. – Т. 2. – М.: Смысл: Издательский центр «Академия», 2006. – 432 с.
20. Вечтомов Е. М. Философия математики: монография. – Киров: Изд-во ВятГГУ, 2004. – 192 с.
21. Вигнер Е. Этюды о симметрии. – М.: Мир, 1971. – 318 с.
22. Витгенштейн Л. Логико-философский трактат. – М.: «Каоон+» РООИ «Реабилитация», 2014. – 288 с.
23. Выготский Л. С. Психология. – М.: Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2000. – 1008 с.
24. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. – М.: Наука, 1989. – 400 с.
25. Гинзбург В. Л. О теории относительности. – М.: Наука, 1979. – 240 с.

* Заметим, что большая часть наших публикаций есть в свободном доступе на сайте: www.saurov-ya.ru

26. Гинзбург В. Л. О науке, о себе и о других. – М.: Наука, 1997. – 272 с.
27. Гинзбург В. Л. О физике и астрофизике. – М.: Наука, 1985. – 400 с.
28. Голдстейн М., Голдстейн И. Как мы познаем. Исследование процесса научного познания. – М.: Знание, 1984. – 256 с.
29. Голин Г. М. Образовательные и воспитательные функции методологии научного познания в школьном курсе физики: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – М., 1986. – 31 с.
30. Голин Г. М. Вопросы методологии физики в курсе средней школы. – М.: Просвещение, 1987. – 127 с.
31. Горстко А. Б. Познакомьтесь с математическим моделированием. – М.: Знание, 1991. – 160 с.
32. Гребенев И. В. Дидактика физики как основа конструирования учебного процесса. – Н. Новгород: Изд-во Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского, 2005. – 247 с.
33. Громько Ю. В. Метапредмет «Знак». Схематизация и построение знаков. Понимание символов. – М.: Пушкинский институт, 2001. – 288 с.
34. Губин В. Б. О физике, математике и методологии. – М.: ПАИМС, 2003. – 321 с.
35. Губин В. Б. О науке и о лженауке. – М.: Изд-во РУДН, 2005. – 96 с.
36. Гусинский Э. Н. Построение теории образования на основе междисциплинарного системного подхода. – М.: Школа, 1994. – 184 с.
37. Гусинский Э. Н., Турчанинова Ю. И. Введение в философию образования. – М.: Логос, 2000. – 224 с.
38. Гутнер Л. М. Методологические проблемы измерения. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1972. – 136 с.
39. Давыдов В. В. Теория развивающего обучения. – М.: ИНТОР, 1996. – 544 с.
40. Дирак П. Лекции по квантовой теории поля. – М.: Мир, 1971. – 243 с.
41. Дирак П. Пути физики. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 88 с.
42. Захаров В. Д. Метафизика в науках о природе // Вопр. философии. – 1999. – № 3. – С. 97–111.
43. Зверева Н. М. Активизация мышления учащихся на уроках физики. – М.: Просвещение, 1980. – 112 с.
44. Зелиг К. Альберт Эйнштейн. – М.: Атомиздат, 1966. – 231 с.
45. Зиновьев А. А. Фактор понимания. – М.: Алгоритм, 2006. – 528 с.
46. Зиновьев А. А. Основы логической теории научных знаний. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 264 с.
47. Зинченко В. П., Моргунов Е. Б. Человек развивающийся: Очерки российской психологии. – М.: Триволта, 1994. – 304 с.
48. Ильенков Э. В. Об идолах и идеалах. – М.: Политиздат, 1968. – 319 с.
49. Ильенков Э. В. Ленинская диалектика и метафизика позитивизма. – М.: Политиздат, 1980. – 175 с.
50. Ильенков Э. В. Диалектическая логика. – М.: Политиздат, 1984. – 320 с.
51. Ильенков Э. В. Философия и культура. – М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2010. – 808 с.
52. Ильясов И. И. Структура процесса учения. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 200 с.
53. Исследование процесса обучения физике: сб. науч. трудов / под ред. Ю. А. Саурова. Вып. 1. – Киров, 1996. – 35 с.; Вып. 2. 1998. 26 с.; Вып. 3. 1999. 39 с.; Вып. 4. 2000. 21 с.; Вып. 5. 2001. 26 с.; Вып. 6. 2002. 27 с.; Вып. 7. 2003. 22 с.; Вып. 8. 2004. 23 с.; Вып. 9. 2005. 29 с.; Вып. 10. 2006. 35 с.; Вып. 11. 2007. 37 с.; Вып. 12. 2010. 52 с.; Вып. 13. 2011. 47 с.; Вып. 14. 2012. 63 с.; Вып. 15. 2013. 56 с.; Вып. 16. 2014. 64 с.
54. Калмыкова З. И. Продуктивное мышление как основа обучаемости. – М.: Просвещение, 1981. – 200 с.

55. Калошина И. П. Структура и механизмы творческой деятельности. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 168 с.
56. Капица П. Л. Эксперимент. Теория. Практика. – М.: Наука, 1974. – 287 с.
57. Карнап Р. Философские основания физики. – М.: Прогресс, 1971. – 390 с.
58. Келлер В. Р. Сергей Вавилов. – М.: Молодая Гвардия, 1975. – 320 с.
59. Кикоин И. К. Некоторые вопросы формирования мировоззрения школьников в курсе физики // Роль учебной литературы в формировании мировоззрения школьников: Материалы IV пленума УМСа при Минпросе СССР. – М.: Педагогика, 1978. – С. 75–78.
60. Кобзарев И. Ю. Ньютон и его время. – М.: Знание, 1978. – 64 с.
61. Коварский Ю. А. Роль мысленных моделей и методика их использования в процессе обучения физике: автореф. дис.... канд. пед. наук. – М., 1978. – 18 с.
62. Коварский Ю. А. Формирование научного мировоззрения школьников в процессе обучения физике // Роль учебной литературы в формировании мировоззрения школьников: Материалы IV пленума УМСа при Минпросе СССР. – М.: Педагогика, 1978. – С.75-78.
63. Кондаков В. А. Дидактические основы построения учебных систем знаний по физике. – Куйбышев, 1977. – 47 с.
64. Кондаков Н. И. Логический словарь-справочник. – М.: Наука, 1976. – 720 с.
65. Колесников К. А. Спецкурс «Физика природных явлений» как средство формирования у учащихся лица методологических знаний: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Киров, 1998. – 17 с.
66. Корчажкина О. М. Фрактальная модель процесса познания // Вопр. философии. – 2016. – № 5. – С. 93–105.
67. Коханов К. А. Модели и моделирование в методике использования учебного физического эксперимента: автореф. дис. ...канд. пед. наук. – Киров, 2000. – 22 с.
68. Коханов К. А. Модели в физическом эксперименте // Физика в школе. – 2004. – № 4. – С. 36–44.
69. Коханов К. А. Организация познавательной деятельности школьников при обучении физике в Кировской летней многопредметной школе // Физика в школе. – 2012. – № 5. – С. 44–53.
70. Коханов К. А., Сауров Ю. А. Методология функционирования и развития школьного физического образования: монография. – Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2012. – 326 с.
71. Коханов К. А., Сауров Ю. А. Проблема задания и формирования современной культуры физического мышления: монография. – Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2013. – 232 с.
72. Краевский В. В. Проблемы научного обоснования обучения: Методологический анализ. – М.: Педагогика, 1977. – 264 с.
73. Краевский В. В. Методология педагогики. – Чебоксары: Изд-во Чуваш ун-та, 2001. – 244 с.
74. Кун Т. Структура научных революций. – М.: ООО «Изд-во АСТ», 2002. – 608 с.
75. Лебедев Я. Д. Теоретические основы формирования методологической культуры преподавателя. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ им. К. Д. Ушинского, 2003. – Ч. 1. – 192 с. – Ч. 2. – 172 с.
76. Лекторский В. А. Эпистемология классическая и неклассическая. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 256 с.
77. Лем С. Сумма технологий. – М.: ООО «Изд-во АСТ», 2002. – 668 с.
78. Леонтьев А. А. Деятельный ум. – М.: Смысл, 2001. – 392 с.

79. Леонтьев А. Н. Избранные психологические произведения. – М.: Педагогика, 1983. – Т. I. – 393 с.; Т. II. – 320 с.
80. Леонтьев А. Н. и современная психология. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 288 с.
81. Луппов Г. Д. Молекулярная физика и электродинамика в опорных конспектах и тестах: Кн. для учителя. – М.: Просвещение, 1992. – 256 с.
82. Майер В. В. Элементы учебной физики как основа организации процесса научного познания в современной системе физического образования: автореф. дис. ... д-ра пед. н. – М., 2000. – 44 с.
83. Майер В. В. Учебная физика как дидактическая модель физики // Проблемы учебного физического эксперимента: Сб. науч. тр. Вып. 7. – Глазов, 1998. – С. 13–16.
84. Майер В. В. Содержание, структура и место учебной физики в дидактике физики // Проблемы учебного физического эксперимента: Сб. науч. тр. Вып. 8. – Глазов, 1998. – С. 14–18.
85. Майер Р. В. Исследование учебной деятельности с помощью абстрактной модели ученика // Математический вестник педвузов и университетов Волго-Вятского региона. Вып. 8. – Киров: ВятГГУ, 2006. – С. 245–249.
86. Майер Р. В. Компьютерное моделирование физических явлений: монография. – Глазов: ГГПИ, 2009. – 112 с.
87. Малафеев Р. И. Проблемное обучение физике в средней школе. Из опыта работы. – М.: Просвещение, 1980. – 127 с.
88. Малинин А. Н. Методические основы изучения теории относительности в курсах физики средних общеобразовательных учреждений и педвузов: дис. в виде научного доклада ... д-ра пед. наук. – М., 2000. – 65 с.
89. Малинин А. Н. Методология научного познания в постановке и решении учебных физических задач // Физика в школе. – 2000. – № 5. – С. 61–66.
90. Малинин А. Н. Методы физического познания (философский и дидактический аспекты). – Тамбов: Изд-во ТГУ им. Г. Р. Державина, 1999. – 170 с.
91. Малинин А. Н. Эмпирическая закономерность и теоретический закон // Физика в школе. – 2000. – № 8. – С. 60–66.
92. Мамардашвили М. Мой опыт нетипичен. – СПб.: Азбука, 2000. – 400 с.
93. Мамардашвили М. Кантианские вариации. – М.: Аграф, 2000. – 320 с.
94. Мамардашвили М. Эстетика мышления. – М.: Московская школа политических исследований, 2000. – 416 с.
95. Мандельштам Л. И. Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. – М.: Наука, 1972. – 438 с.
96. Матвеев А. Н. Молекулярная физика. – М.: Высшая школа, 1987. – 360 с.
97. Мах Э. Механика: историко-критический очерк её развития. – М.: КомКнига, 2015. – 456 с.
98. Методика обучения физике в школах СССР и ГДР / под ред. В. Г. Зубова и др. – М.: Просвещение, 1978. – 233 с.
99. Мигдал А. Б. Поиски истины. – М.: Молодая гвардия, 1983. – 239 с.
100. Модели и моделирование в методике обучения физике: тезисы докладов I республиканской научно-теоретической конференции. – Киров, 1997. – 120 с.
101. Модели и моделирование в методике обучения физике: материалы докладов II республиканской научно-теоретической конференции. – Киров: Изд-во Вятского ГПУ, 2000. – 90 с.
102. Модели и моделирование в методике обучения физике: материалы докладов III республиканской научно-теоретической конференции. – Киров: Изд-во Кировского ИУУ, 2004. – 100 с.

103. Модели и моделирование в методике обучения физике: материалы докладов IV республиканской научно-теоретической конференции. – Киров: Изд-во Кировского ИУУ, 2007. – 116 с.
104. Модели и моделирование в методике обучения физике: материалы докладов V республиканской научно-теоретической конференции. – Киров: Изд-во Кировского ИУУ, 2010. – 107 с.
105. Модели и моделирование в методике обучения физике: материалы докладов VI республиканской научно-теоретической конференции. – Киров: Изд-во Кировского ИУУ, 2013. – 94 с.
106. Моисеев Н. Н. Расставание с простотой. – М.: «Аграф», 1998. – 480 с.
107. Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. – М.: Просвещение, 1977. – 168 с.
108. Мякишев Г. Я. Динамические и статистические закономерности в физике. – М.: Наука, 1973. – 272 с.
109. На досках: Публичные лекции по философии Г. П. Щедровицкого. – М., 2004. – 196 с.
110. Налимов В. В. Спонтанность сознания. – М.: Прометей, 1989. – 287 с.
111. Налимов В. В. Облик науки. – СПб.: Центр гуманитарных инициатив, 2013. – 368 с.
112. Низовских Н. А. Человек как автор самого себя: монография. – М.: Смысл, 2007. – 255 с.
113. Новиков А. М. Методология образования. – М.: Эгвест, 2002. – 320 с.
114. Нугаев Р. М. Смена базисных парадигм: Концепция коммуникативной рациональности // Вопр. философии. – 2001. – №1. – С. 114–122.
115. Нурминский И. И., Гладышева Н. К. Статистические закономерности формирования знаний и умений учащихся. – М.: Педагогика, 1991. – 224 с.
116. Обучение физике как системный процесс: Межвуз. сб. науч. тр. – Куйбышев, 1985. – 112 с.
117. Одинцова Н. И. Обучение учащихся средних общеобразовательных учреждений теоретическим методам получения физических знаний: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – М., 2002. – 32 с.
118. Петренко В. Ф. Многомерное сознание: психосемантическая парадигма. – М.: Эксмо, 2013. – 448 с.
119. Петрова Г. И. Гносеологический анализ теорий обучения. – Томск: Изд-во Томского университета, 1977. – 134 с.
120. Познающее мышление и социальное действие: наследие Г.П.Щедровицкого в контексте отечественной и мировой философской мысли. – М.: Ф.А.С.-медиа, 2004. – 544 с.
121. Позолотина М. П., Сауров Ю. А. О концепции формирования физического мышления при дистанционном обучении в основной школе // Вестник ВятГГУ. – 2015. – № 11. – С. 142–144.
122. Пойа Д. Математическое открытие: Решение задач: основные понятия, изучение и преподавание. – М.: Наука, 1976. – 448 с.
123. Поппер К. Логика и рост научного знания. – М.: Прогресс, 1993. – 605 с.
124. Поппер К. Предположения и опровержения. – М.: «Изд-во АСТ», 2004. – 638 с.
125. Пуанкаре А. О науке. – М.: Наука, 1983. – 560 с.
126. Пустильник И. Г. Теоретические основы формирования научных понятий у учащихся: Монография / Урал. гос. пед. ун-т. – Екатеринбург, 1997. – 103 с.
127. Пустильник И. Г. Теоретические основы формирования научных понятий у учащихся: дис. в виде научного доклада ... д-ра пед. наук. – Екатеринбург, 1997. – 58 с.

128. Разумовский В. Г. Физика в средней школе США. Основные направления в изменении содержания и методов обучения. – М.: Педагогика, 1973. – 160 с.
129. Разумовский В. Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике. – М.: Просвещение, 1975. – 272 с.
130. Разумовский В. Г. Обучение и научное познание // Педагогика. – 1997. – №1. – С. 7–13.
131. Разумовский В. Г. Инновации в преподавании физики в школах за рубежом. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2005. – 185 с.
132. 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. – С. 50–55.
133. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Никифоров Г. Г., Майер В. В., Сауров Ю. А. Физика: Учебник для 10 класса общеобразовательных учреждений. Часть 1. – М.: ВЛАДОС, 2010. – 261 с.
134. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Никифоров Г. Г., Майер В. В., Сауров Ю. А. Физика: Учебник для 10 класса общеобразовательных учреждений. Часть 2. – М.: ВЛАДОС, 2010. – 272 с.
135. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Никифоров Г. Г., Майер В. В., Сауров Ю. А., Страут Е. К. Физика: Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. Часть 1. – М.: ВЛАДОС, 2011. – 255 с.
136. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Никифоров Г. Г., Майер В. В., Сауров Ю. А., Страут Е. К. Физика: Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. Часть 2. – М.: ВЛАДОС, 2011. – 359 с.
137. Разумовский В. Г., Майер В. В. Физика в школе. Научный метод познания и обучение. – М.: ВЛАДОС, 2004. – 463 с.
138. Разумовский В. Г., Сауров Ю. А. Деятельность преподавания как стратегический ресурс образования // Наука и школа. – 2005. – № 6. – С. 2–9.
139. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Майер В. В., Сауров Ю. А. Стратегическое проектирование развития физического образования: монография. – Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2012. – 179 с.
140. Разумовский В. Г., Майер В. В., Вараксина Е. И. ФГОС и изучение физики в школе: о научной грамотности и развитии познавательной и творческой активности школьников: монография. – М.; СПб.: Нестор-История, 2014. – 208 с.
141. Разумовский В. Г. Проблемы теории и практики школьного физического образования: избранные научные статьи / сост. Ю. А. Сауров. – М.: Изд-во РАО, 2016. – 196 с.
142. Рейхенбах Г. Философия пространства и времени. – М.: КД «ЛИБ-РОКОМ», 2009. – 320 с.
143. Розин В. М. Типы и дискурсы научного мышления. – М.: КД «ЛИБ-РОКОМ», 2012. – 248 с.
144. Розин В. М. Логика и методология. – М.: ЛЕНАНД, 2014. – 272 с.
145. Розин В. М. Мышление: сущность и развитие. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 368 с.
146. Рубцов В. В. Организация и развитие совместных действий у детей в процессе обучения. – М.: Педагогика, 1987. – 160 с.
147. Рузавин Г. И. Методология научного познания. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 287 с.
148. Салмина Н. Г. Виды и функции материализации в обучении. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 136 с.
149. Салмина Н. Г. Знак и символ в обучении. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 288 с.
150. Сауров Ю. А. Основы методологии методики обучения физике: Монография. – Киров: Изд-во Кировского ИУУ, 2003. – 196 с.

151. Сауров Ю. А. Программы формирования методологической культуры будущих учителей физики // Профессиональное сознание специалиста. – Минск: РИВШ БГУ, 2004. – С. 60–64.
152. Сауров Ю. А. Принцип цикличности в методике обучения физике: Историко-методологический анализ: монография. – Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2008. – 224 с.
153. Сауров Ю. А. Глазовская научная школа методистов-физиков: История и методология развития: монография. – Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2009. – 208 с.
154. Сауров Ю. А. Физика: Поурочные разработки. 10 класс: пособие для учителей общеобразоват. учреждений. – М.: Просвещение, 2010. – 254 с.
155. Сауров Ю. А. Физика: Поурочные разработки. 11 класс: пособие для учителей общеобразоват. учреждений. – М.: Просвещение, 2010. – 256 с.
156. Сауров Ю. А. Вопросы методологии деятельности со знаниями в обучении // Проблемы современного математического образования в вузах и школах России. – Киров: Изд-во ВятГГУ, 2012. – С. 49–55.
157. Сауров Ю. А. Научное творчество профессора В. В. Мултановского. О личности в образовании: монография. – Киров: О-Краткое, 2015. – 256 с.
158. Сауров Ю. А., Коханов К. А. Экспериментирование и моделирование как коллективная познавательная деятельность в обучении физике // Вестник ВятГГУ. – 2014. – № 5. – С. 130–135.
159. Сауров Ю. А., Сауров С. Ю. Научные картины мира: Элементы эпистемологии. – Киров, 2006. – 192 с.
160. Сачков Ю. В. Введение в вероятностный мир: вопросы методологии. – М.: Наука, 1971. – 207 с.
161. Сачков Ю. В. Вероятностная революция в науке (Вероятность, случайность, независимость, иерархия). – М.: Научный мир, 1999. – 144 с.
162. Сачков Ю. В. Научный метод: вопросы и развитие. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 160 с.
163. Слободчиков А. М. Введение в методологию химии: учебное пособие. – Киров: Изд-во ВятГГУ, 2006. – 249 с.
164. Смирнов А. В. Сознание. Логика. Язык. Культура. Смысл. – М.: Языки славянской культуры, 2015. – 712 с.
165. Совершенствование преподавания физики в средней школе социалистических стран: кн. для учителя / Х. Бинешек, Я. Варга, М. Ванюшман и др.; под ред. В. Г. Разумовского. – М.: Просвещение, 1985. – 256 с.
166. Сохор А. М. Объяснение в процессе обучения: Элементы дидактической концепции. – М.: Педагогика, 1988. – 128 с.
167. Степин В. С. Теоретическое знание. – М.: «Прогресс–Традиция», 2000. – 744 с.
168. Стиль мышления: проблема исторического единства научного знания: к 80-летию В. П. Зинченко: коллективная монография. – М.: Российская политическая энциклопедия, 2011. – 640 с.
169. Тарароев Я. В. Онтологические основания современной физики и космологии. – М.: КД «ЛИБРОКОМ», 2011. – 264 с.
170. Теоретические основы содержания общего среднего образования / под ред. В. В. Краевского, И. Я. Лернера. – М.: Педагогика, 1983. – 351 с.
171. Устиловская А. А. Метапредмет «Задача»: учебное пособие для педагогов. – М.: Пушкинский институт, 2011. – 272 с.
172. Фейерабенд П. Прощай, разум. – М.: АСТ: Астрель, 2010. – 477 с.
173. Фейерабенд П. Наука в свободном обществе. – М.: АСТ, 2010. – 378 с.
174. Фейнман Р. Характер физических законов. – М.: Наука, 1987. – 160 с.

175. Фридман Л. М. Логико-психологический анализ школьных учебных задач. – М.: Педагогика, 1977. – 208 с.
176. Фридман Л. М. Наглядность и моделирование в обучении. – М., 1984. – 80 с.
177. Хайек Ф. Право, законодательство и свобода: современное понимание либеральных принципов справедливости и политики. – М.; Челябинск: ИРИСЭН, Социум, 2016. – 644 с.
178. Хижнякова Л. С. Введение в методiku обучения физике. Методология педагогического исследования. Ч. 2. – М.: МГОУ, 2006. – 68 с
179. Хофштадтер Д. Гёдель, Эшер, Бах: эта бесконечная гирлянда. – Самара: Издательский дом «Бахрах-М», 2001. – 752 с.
180. Чижов Г.А., Ханнанов Н.К. Физика. 10 кл.: Учебник для классов с углубленным изучением физики. – М.: Дрофа, 2003. – 480 с.
181. Хрестоматия по физике: Учеб. пособие для учащихся / под ред. Б. И. Спасского. – М.: Просвещение, 1982. – 223 с.
182. Шакуров Р. Х. Барьер как категория и его роль в деятельности // Вопр. психологии. – 2001. – № 1. – С. 3–18.
183. Шамало Т. Н. Теоретические основы использования физического эксперимента в развивающем обучении: Учебное пособие к спецкурсу. – Свердловск, 1990. – 96 с.
184. Шаронова Н. В. Теоретические основы и реализация методологического компонента методической подготовки учителя физики: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – М., 1997. – 33 с.
185. Швырев В. С. Научное познание как деятельность. – М.: Политиздат, 1984. – 232 с.
186. Шубинский В. С. Формирование диалектического мышления у школьников. – М.: Знание, 1979. – 48 с.
187. Шубинский С. А. Обучение и научное познание. – М.: Педагогика, 1981. – 208 с
188. Штофф В. А. Моделирование и философия. – М.; Л.: Наука, 1966. – 147 с.
189. Щедровицкий Г. П. О некоторых моментах в развитии понятий // Вопр. философии. – 1958. – № 6. – С. 55–64.
190. Щедровицкий Г. П. Избранные труды. – М.: Школа культурной политики, 1995. – 800 с.
191. Щедровицкий Г. П. Философия. Наука. Методология. – М.: Школа культурной политики, 1997. – 656 с.
192. Щедровицкий Г. П. Оргуправленческое мышление: идеология, методология, технология. – М., 2000. – 384 с.
193. Щедровицкий Г. П. Я всегда был идеалистом... – М., 2001. – 368 с.
194. Щедровицкий Г. П. Проблемы логики научного исследования и анализ структуры науки. – М., 2004. – 400 с.
195. Щедровицкий Г. П. Интеллект и коммуникация // Вопр. философии. – 2004. – № 3. – С. 170–183.
196. Щедровицкий Г. П. Мышление – Понимание – Рефлексия. – М.: Наследие ММК, 2005. – 800 с.
197. Щукина Г. И. Роль деятельности в учебном процессе. – М.: Просвещение, 1986. – 144 с.
198. Эйнштейн А. Физика и реальность. Сб. статей. – М.: Наука, 1965. – 359 с.
199. Эйнштейн А. Собрание научных трудов в четырех томах. Т. IV. – М.: Наука, 1967. – 599 с.
200. Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. – М.: Молодая гвардия, 1966. – 272 с.

201. Эсаулов А. Ф. Активизация учебно-познавательной деятельности студентов. – М.: Высшая школа, 1982. – 223 с.
202. Юдин Э. Г. Методология науки. Системность. Деятельность. – М.: Эдиториал УРСС, 1997. – 444 с.
203. Юлов В. Ф. Мышление в контексте сознания. – М.: Академический Проект, 2005. – 496 с.
204. Яворский Б. М., Пинский А. А. Основы физики: Т. I. – М.: Наука, 1981. – 480 с.
205. Mayer V. V., Varaksina E. I. Modern analogue of Ohm's historical experiment // *Physics Education*, 50. – November 2014. – Number 6. – P. 689-692.
206. Калапуша Р. Моделювання у вивченні фізики: монографія. – К.: Рад. шк., 1982. – 160 с.
207. Сауров Ю. А. Питання методогії вивчення фізичних вимірювань // *Науковий часопис. Серія 5. Випуск 48*. – Київ, 2014. – С. 178–182.
208. Сауров Ю. А., Коханов К.А. Модели в различении реальности и описаний // *Моделювання в навчальному процесі*. – Луцьк: Вежа-Друк, 2015. – С. 47–53.
209. Сауров Ю. А. Проблема освоения методологической культуры в системе подготовки студентов, магистрантов, учителей физики // *Формування готовності вчителів фізико-математичних дисциплін до організації самостійної пізнавальної діяльності учнів*. – Луцьк, 2015. – С. 11–18.
210. Saurov Yu., Nizovskikh N. V. Petrenko. Psychosemantics of Art // *Social sciences*. – 2016. – V. 47. – № 1. – P. 143–146.
211. Лебедев Я. Д., Сауров Ю. А. Методические и методологические идеи конструирования учебного пособия по физике для студентов // *East European Scientific Journal*. – 2016. – № 9. – Part 3. – P. 99–105.

Содержание

Предисловие	3
Введение	4
Глава I. Проблемы реальности использования моделей	
1.1 Современное различие реальности и описаний в познании.....	18
1.2 Познавательные смыслы-функции моделей и моделирования	30
1.3 Проблема освоения элементов методологии познания в практике обучения физике	37
1.4 Модели и физические измерения	58
1.5 Модели и моделирование в творчестве.....	62
Глава II. Основы теории построения и использования моделей в методике обучения физике	
2.1 Вопросы методологии моделирования образовательных процессов.....	89
2.2 Проблема определения реальности в дидактике физики	101
2.3 Особенности использования моделей в системе физического образования.....	108
2.4 Модели физических объектов в школьном курсе	115
2.5 Модели физических явлений в школьном курсе.....	123
2.6 Модели в системах общения знаний	131
Глава III. Проблемы и приёмы организации учебной деятельности моделирования	
3.1 Моделирование как фундаментальная учебная деятельность.....	141
3.2 Использование моделей в деятельности по решению школьных физических задач.....	160
3.3 Использование моделей при экспериментировании.....	177
3.4 Организация процесса дидактического моделирования для решения учебных проблем	185
3.5 Дидактические функции моделирования при освоении теоретических обобщений	194
Заключение	199
Приложение	200
Библиографический список	204

Научное издание

Юрий Аркадьевич Сауров

Модели и моделирование в методике обучения физике

Печатается в авторской редакции
Компьютерная вёрстка Петровой А. Н.

Подписано в печать 11.11.2016 г. Формат 60×84 1/16
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 13,5
Тираж 500. Заказ № 93

Отпечатано в ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС»
610044. Г. Киров, ул. Лепсе, 69 – 48, т. (8332) 262–390