

Институт развития образования Кировской области

В. Г. Разумовский В. А. Орлов

В. В. Майер Ю. А. Сауров

**Стратегическое проектирование
развития физического образования**

Монография

**Киров
2012**

УДК 372.016:53

ББК 74.265.1

Р 17

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Института развития образования Кировской области

Рецензенты: доктор физико-математических наук, профессор
Ф. А. Сидоренко (Екатеринбург), доктор педагогических наук Я. Д. Лебедев
(Вологда), кандидат педагогических наук, доцент Г. А. Бутырский (Киров)

Ответственный редактор Ю. А. Сауров

Р 17 Разумовский, В. Г. Стратегическое проектирование развития физического образования: монография / В. Г. Разумовский, В. А. Орлов, В. В. Майер, Ю. А. Сауров. – Киров: ИРО Кировской области, 2012. – 179 с.

ISBN 978-5-91061-258-1

В монографии подводятся итог многолетним теоретическим и экспериментальным исследованиям по методологии развития физического образования. Предлагаемые идеи и решения нацелены на реализацию задач инновационного развития физического образования.

Книга предназначена для научных работников, аспирантов и учителей-исследователей.

УДК 372.016:53

ББК 74.265.1

ISBN 978-5-91061-258-1

© В. Г. Разумовский, 2012

© В. А. Орлов, 2012

© В. В. Майер, 2012

© Ю. А. Сауров, 2012

© ИРО Кировской области, 2012

От авторов

Исторически так получилось, что авторы монографии в своей профессиональной деятельности ориентированы на исследование фундаментальных теоретических проблем. Академик РАО, профессор В. Г. Разумовский и зав. лабораторией дидактики физики, профессор В. А. Орлов много лет работают в Институте содержания и методов обучения РАО, что всегда предопределяло решение задач стратегического характера – концепции, программы, учебники и др. Профессора В. В. Майер и Ю. А. Сауров защищали докторские диссертации в названном институте и постоянно сотрудничают с учеными академии. В итоге совместных творческих поисков, особенно активных в последнее десятилетие, сложились теоретические представления по ключевым проблемам развития физического образования ближайшего будущего. Ниже предлагаются некоторые результаты этой работы.

Авторы убеждены, что будущее надо настойчиво и целеустремленно строить, иначе оно не наступит. И такое построение основывается на рефлексии прошлого, насколько это возможно сделать. Причем основная цель такого анализа – поиск интеллектуальных и материальных ресурсов или источников для развития физического образования. Стратегии мы понимаем как неочевидные или даже новые пути (или фундаментальные средства) по достижению сущностной для нас задачи развития физического образования нашей страны, нашей области, нашей организации. Стратегия подобна алгоритму, она формулирует и организует последовательность жестко целевых действий. В идеале стратегии позволяют построить программы, проекты, планы и вовлекать в их реализацию большие группы людей. В этом их предназначение. По содержанию и форме стратегии – идеи, принципы, схематизмы-модели, проекты, которые помогают строить новые черты физического образования. Необходимым условием для разработки стратегий деятельности является не только глубокий рефлексивный анализ материальных и духовных реальностей, но и теоретическое построение различных сценариев-средств развития. Стратегия развития любого субъекта образования (школы, вуза, школьника...) ориентирует на доступ к ведущим ресурсам развития – моделям, содержанию, коммуникациям, процессам... В монографии и определяются эти ресурсы для совершенствования физического образования ближайшего будущего.

Авторы стремились познакомить широкий круг специалистов с методическими идеями, которые при настойчивой и последовательной работе по их реализации в состоянии изменить не только состояние собственно физического образования, а через него – и во многом мировоззрение людей нашей страны. Только идеи-планы могут изменить практику, но только практика может обеспечить жизнь идей. Поэтому наша работа предназначена практике.

При подготовке текста использовались близкие по духу и теме статьи авторов, на некоторые из них даны прямые ссылки.

Введение: Насущные проблемы физического образования*

Наша стратегическая задача – привлечь внимание к проблеме, которая напрямую порождает угрозу ухода России с мировых позиций фундаментальной науки, освоения космоса, самолетостроения и производства энергии. Речь идет о потере страной международного приоритета в естественнонаучном образовании, которым мы законно гордились несколько десятилетий. В «послеспутниковый период» этот успех был особенно заметен. Он был обеспечен тесной связью средней и высшей школы, а также покровительством школьного образования со стороны большой науки. Здесь нужно отдать дань благодарности нашим замечательным ученым – П. Л. Капице, И. К. Кикоину, А. Н. Колмогорову, М. А. Лаврентьеву, М. А. Прокофьеву, А. И. Маркушевичу, А. М. Арсеньеву и др., которые внесли немалый вклад в создание прекрасного научного журнала для юношества «Квант», в создание знаменитых физико-математических и математических школ, ставших пионерами в организации физических и математических олимпиад. В них первоначально принимали участие школьники стран социалистического лагеря. И уж потом эти олимпиады стали по-настоящему международными.

Почему проблема сохранения от полного демонтажа системы школьного естественнонаучного образования в нашей стране столь важна? И какие основания есть для того, чтобы утверждать, что эта проблема существует? Два с половиной последних десятилетия ушедшего столетия ознаменовались в мире осознанием того, что наступила новая эра в экономическом и культурном развитии государств – эра науки, информатики и наукоемких технологий. Жизнь людей, государств и мира в целом стремительно меняется в обеспечении целей этой эры. Существенно меняется роль и общеобразовательной средней школы по воспроизводству актуальных деятельностей. И надо видеть приоритеты.

В 1983 г. во всех странах (кроме СССР!) стал широко известен доклад «Нация в опасности» – обращение американских ученых к президенту и народу. Важнейшие положения этого доклада, имеющих международное значение, следующие:

- признание того, что интеллектуальный потенциал государства создается в средней общеобразовательной школе («время гениальных одиночек кончилось...»);
- в новых условиях содержание школьного образования должно строиться на базе фундаментальной науки. Прагматическое, узкопрофильное образование США было подвергнуто критике, как напоминающее по набору учебных предметов «меню кафетерия, где вместо основных блюд подают аперитивы и закуски...»;
- в высоком научном уровне образования заинтересованы: государство, «иначе Америка потеряет мировое лидерство в экономике...»; общество, «иначе люди не смогут выполнять свой гражданский долг...»; каждый гражданин в отдельности, чтобы «иметь возможность реализовать свои гражданские права».

Сразу после признания средней школы одним из решающих факторов экономического развития и конкурентоспособности государств реформы образования в странах оказались связанными с известной проблемой глобализации. 31 января 1990 г. Президент США

* См. полнее [130].

Дж. Буш (старший), выступая перед Конгрессом, поставил **главные цели** реформы общеобразовательной школы:

– в 2000 г. в США средней школой должно быть охвачено не менее 90 % подрастающего поколения;

– по уровню и качеству знаний по математике и предметам естествознания США должны занять первое место в мире.

Для достижения поставленной цели, наряду с реформой содержания среднего образования, с принятием новых стандартов образования внутри страны, специальной службой США по оценке знаний школьников (Educational Testing Service) за период реформы были проведены три сравнительных международных исследования. В двух последних исследованиях, в 1991 г. и 1995 г., принимали участие соответственно бывший СССР и Россия.

Сравнение качества обучения в школе проводится на основе тестирования школьников каждой страны с доверительной выборкой школ и учащихся. Содержание проверочных тестов утверждается ответственными представителями стран-участниц – «координаторами». Это возможно в силу близкого совпадения содержания школьного образования по математике и предметам естествознания во всех странах. Таким образом, в определенном смысле можно говорить о существовании международного стандарта среднего образования. Содержание теста разрабатывается таким образом, чтобы по результатам его выполнения можно судить не только об уровне знаний, и об общем интеллектуальном развитии учащихся.

В 1991 г., несмотря на стремительный развал Советского Союза, определение уровня подготовки тринадцатилетних учащихся (восьмого класса) массовой школы на основе международных тестов дало неожиданно высокие результаты. Из двадцати стран, принявших участие в исследовании, школьники России оказались на четвертом месте в мире по математике и на пятом месте по естественным наукам, в том числе по физике. (Заметим, что американцы оказались на тринадцатом месте!) Успех этот был не случаен, вместе с блестящими победами наших школьников на международных олимпиадах три десятилетия подряд он свидетельствовал о традиционно высоком научном и педагогическом потенциале нашей страны. **Однако успех этот не был проанализирован, не был развит, а, кажется, напротив, было сделано все, чтобы он не повторился.** И он не повторился.

Международные исследования, проведенные в 1995 г. (TIMSS), ставили своей целью сравнение математической, естественнонаучной грамотности выпускников средних школ. По предметам естествознания тест включал 135 заданий (по физике и биологии – 30%, по географии, геологии и астрономии – 16%, по химии – 14%, по методологии науки и экологии – 10%). Задания с выбором ответа составляли 75% и со свободным письменным ответом – 25%. Полученные результаты по России на фоне двадцати стран мира показали нам на этот раз весьма грустную и тревожную картину: во-первых, резкое расслоение школ и учащихся России по качеству знаний; во-вторых, сильное снижение уровня знаний школьников.

Ученики массовой школы (96%!) показали очень низкие результаты. В общем списке стран-участниц сравнительных исследований Россия оказалась на третьем месте снизу. Более низкие результаты показали школьники только двух стран: Южной Африки и Кипра. И только учащиеся специализированных школ показали, по-прежнему, высокие результаты, вошли в первую тройку стран наряду со Швецией и Норвегией. К сожалению, такие школы составляют у нас всего лишь 4% от общего числа средних школ. Для сравнения укажем, что в среднем состав таких школ по другим странам, принявшим участие в исследовании, составляет 14,5%. В наиболее развитых и бурно развивающихся странах это число колеблется от 20 до 30%. Столь резкое снижение сравнительных показателей следовало ожидать, поскольку, кроме бедственного положения, в котором оказались школы и учителя нашей страны в России в годы после развала СССР, происходил и планомерный демонтаж десятилетиями отработываемой системы школьного образования, в том числе и прежде всего, естественнонаучного.

При этом **особенно разрушительными были следующие факторы:**

«**Выжимание**» предметов естествознания из учебного плана под лозунгом «гуманитаризации образования». В частности, на физику с астрономией бюджет времени был уменьшен в 7–11-х классах с 16 до 12 недельных часов, т. е. на 25%. В нашей нынешней девятилетке (основной школе) на изучение физики дается на один недельный час меньше времени, чем в семиклассном коммерческом училище царской России в 1913 г., когда о современном научно-техническом прогрессе, связанном с достижениями современной физики, и не помышляли.

Деформация образования в целом. От сокращения бюджета времени пострадала, прежде всего, наиболее ценная часть естественнонаучного образования: наблюдения явлений, опыты, лабораторные работы, практикум, решение задач.

Во времена министра просвещения М. А. Прокофьева неперменным требованием в преподавании физики было: 16% учебного времени использовать для проведения лабораторных работ и практикума школьников. Эти работы служили четким целям, актуальность достижения которых в наши дни не только не пропала, но и возросла многократно, а именно: дать учащимся опыт применения экспериментального метода познания, включая опыт самостоятельного проведения эксперимента; сформировать умения и навыки работы с приборами при соблюдении правил безопасности; сформировать практические умения и навыки применения законов физики на практике; способствовать пониманию роли в научном познании наблюдений, гипотез, теоретических выводов и экспериментов; сформировать навыки проведения исследования в коллективе.

Необеспеченность школы новыми учебниками выражается в следующем: во-первых, более половины школ работают по «старым» учебникам, т. е. изданным несколько лет тому назад, отсюда не учитывающих изменений в программах последнего времени; во-вторых, при обилии учебников большинство из них создано давно при ориентире только на «знаниевую» парадигму и таким образом объективно являются устаревшими; в-третьих, наиболее распространенные сейчас учебники (известных авторов А. В. Пёрышкина, Н. А. Родиной, Г. Я. Мякишева и др.) написаны более 30–40 лет тому назад, и их не авторская доработка сути не меняет. Потеряна практика подготовки стабильных учебников государственного статуса, созданных не под коммерческий и вкусовой заказ (что для элитарных школ нормально), а под государственные программы перспективного развития массовой школы.

Типичными оказываются следующие **недостатки** в подготовке учащихся:

- неспособность отличить научное знание от верования;
- непонимание соотношений между знанием и истиной;
- непонимание отличия степени достоверности различных категорий научной информации: фактов, гипотез, законов и принципов, моделей, теоретических выводов и результатов эксперимента;
- отсутствие представления о модельном отражении действительности в научном познании;
- отсутствие навыков мыслить моделями: теоретически объяснять, предвидеть, предсказывать.

Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение образовательного процесса по физике. Почти полное отсутствие в течение 15 лет снабжения школ приборами и оборудованием привело к «меловому методу» обучения, который вынужденно стал сейчас основным для российской школы. Это прямо сказалось на результатах международных исследований уровня подготовки школьников. Самый низкий процент успе-

ваемости оказался как раз по тем разделам курса физики, которые усвоить без наблюдения явлений и эксперимента невозможно.

Такие плачевные результаты вполне объяснимы. Откат к «меловой» физике привел к почти полному господству репродуктивного обучения, в основе которого пересказ текста учебника и решение тренировочных задач по формуле.

Компьютеризация физического образования. Сейчас много говорится о компьютеризации образования. Учителя естественных наук – за использование компьютеров в обучении, за компьютерную поддержку, но при условии, что она не будет подменой эксперимента. Объектом изучения естественных наук **является реальный, а не виртуальный мир**, и в школе нужно изучать сами явления и на этой основе обучать школьников моделированию как методу познания. Между тем деньги, отпускаемые на компьютеризацию в обучении, бесконтрольно расходуются чаще всего на замену «живого эксперимента» видеофрагментами. Результат плачевный: выпускники не только многих школ, но и педагогических высших учебных заведений об эксперименте как методе исследования знают только по картинкам.

Самое печальное в сложившейся ситуации состоит в том, что многие современные деятели образования, которые вершат судьбу школы, не видят ничего страшного в ухудшении естественнонаучного образования в стране и в уходе физики и других естественнонаучных предметов с передовых позиций в образовании. Серьезно обсуждается вопрос о том, что «основным результатом деятельности образовательного учреждения» должна стать не система знаний, а «набор ключевых компетенций в интеллектуальной, гражданско-правовой, коммуникативной, информационной и прочих сферах». **И пока положение физики, химии, биологии, астрономии в школе не улучшается.**

Представляется, что если мы еще хотим быть конкурентоспособными, «снять самих себя с нефтегазовой иглы» и перейти в производстве к наукоемким технологиям, то и в нашей стране *содержание и уровень среднего образования должны соответствовать требованиям научного прогноза и стать частью плана государственного развития, развития его экономики, науки, культуры, благосостояния народа и каждого человека в отдельности.* До тех пор, пока не будет всеобщего понимания этой простой истины, образование обречено на финансирование по остаточному принципу. А духовная, высокоинтеллектуальная деятельность – на деградацию.

Итак, налицо стратегическая по цели и содержанию научная и практическая **проблема развития физического образования** страны на новых принципах. Они должны обеспечить переход нашего естественнонаучного образования на передовые позиции в мире по научной грамотности. В частности, в ближайшее время необходимо сосредоточить усилия на решении следующих **первоочередных задач:**

- внедрение в содержание физического образования метода научного познания, методов исследования и элементов методологии; освоение логики научного познания изучения явлений, связывающей наблюдение явлений, теорию, выводы и эксперимент;
- радикальное усиление внимания к экспериментальной учебной деятельности: модернизация кабинетов физики; существенное сравнительно широкое внедрение лабораторных работ исследовательского характера (выяснить, почему?) и творческого характера (как сделать?); последовательное расширение времени на организацию опыта познавательной и творческой деятельности и др.

Глава 1. Вопросы методологии развития физического образования

...Всякий новый круг идей может
провозгласить свою значимость
и социально утвердиться только за счет
противопоставления себя чему-то прежнему
и борьбы с этим прежнеем.*

Г. П. Щедровицкий

Целостное и общее видение ресурсов развития физического образования можно обеспечить взглядом «со стороны» – тенденций в мировом образовательном пространстве и методологии познавательной деятельности...

1.1. Проблемы реальности физического образования

В методике обучения физике, как и в фундаментальной физике, любое научное исследование начинается с определения фактов практики. И это не случайно: современная методология научного исследования однозначно требует научных фактов для понимания и предсказания природных и социальных явлений. В 70–90-е гг. накоплен неплохой отечественный опыт диагностирования знаний и умений школьников при обучении физике [172]. В последние годы этот опыт развивается за счет инструментария ЕГЭ, ГИА, международных исследований (TIMSS, PISA), отдельных диссертационных исследований и индивидуальных публикаций. Но на новом этапе развития физического образования эта практика явно недостаточна: ни в регионах, ни в стране в целом нет государственных институтов мониторинга достижений школьников в режиме исследования образования, в том числе определения проблемных точек и деградации, и роста; слабо развивается инструментарий для диагностики таких качеств как методологические знания, познавательные мотивы, экспериментальные умения; мы не иницируем и не ведём международных исследований качества образования хотя бы для стран ближнего зарубежья; опыт индивидуальных поисковых исследований измерения качества образования не обобщается...

Сейчас важно понять и признать, что в ближайшем будущем нам надо будет диагностировать в массовой школе во многом новые качества школьников, формируемые при обучении физике. Да и сами эти методические средства будут ресурсом для актуализации формирования, например, методологических знаний, метапредметных компетенций, экспериментальных умений и др.

Ниже приводятся результаты диагностики знаний, доступные для нас и сравнительно массовые для формулирования выводов. В частности, использовались данные, полученные при проведении ЕГЭ (2005–2011), ГИА (2008, 2009), а также международных исследований – PISA (2006, 2009), TIMSS (2007), TIMSS-A (2008)** . В результате *получены следующие научные факты и на этой основе сделаны некоторые выводы.*

* Щедровицкий Г. П. Интеллект и коммуникация // Вопр. философии. 2004. № 3. С. 181.

** Использовались аналитические материалы лаборатории обучения физике ИСМО РАО.

Данные о качестве знаний учащихся по физике, полученные по результатам ЕГЭ. Объективные данные о качестве знаний школьников и их соответствии стандарту образования имеются только по результатам ЕГЭ для выпускников с продвинутым и высоким уровнями изучения физики. Об учебных достижениях старшеклассников, которые не сдают экзамен ЕГЭ, достоверных данных нет.

Из полученных данных следует, что 26,0%, сдающих ЕГЭ, показывают хороший и отличный уровень, а три четверти учащихся, сдающих ЕГЭ, показывают минимальный и низкий уровень овладения знаниями, предусмотренными стандартом. Более высокий показатель связан с усвоением понятий, законов и формул, с решением типовых задач. Значительно ниже успехи в применении знаний на практике, особенно в незнакомой ситуации.

Вместе с тем следует отметить тенденцию уменьшения числа школьников, выполнивших задания ЕГЭ неудовлетворительно. За последние годы процент школьников, не справившихся с работой, неуклонно уменьшался: от **16%** в 2006 г, **12,3%** в 2007 г, **9,7%** в 2008 г., **6,2%** в 2009 г., **6,6%** в 2010 г., **6,3%** в 2011 г.

Отметим, что число учащихся, выполнявших задания ЕГЭ в 2009-2011 гг., резко увеличилось в связи с окончанием эксперимента по введению ЕГЭ и переходом на штатный режим с 2009 г. В связи с этим ожидалось снижение качества знаний, увеличение процента школьников, не справившихся с заданиями ЕГЭ. Однако, как видно из табл. 1.1, процент таких школьников с каждым годом уменьшается.

Таблица 1.1

Годы	Общее число участников ЕГЭ (из них по физике)	Процент школьников, не справившихся с работой
2006	90389	16%
2007	70052	12,3%
2008	59796	9,7%
2009	1055233 (198073) / 19%	6,2%
2010	936320 (186735) / 20%	6,6%
2011	827514 (173574) / 21%	6,3%

Число тестируемых, набравших в 2011 г. максимально возможный балл (100 баллов), увеличилось и составило 206 человек из 55 регионов, или **0,12%** от общего числа сдающих. (В 2010 г. – 109 человек из 40 регионов, **0,06%**.)

По сравнению с предыдущим годом результаты выполнения ЕГЭ по физике существенно улучшились. Даже принимая во внимание изменение максимального первичного балла (и увеличение среднего балла) заметно улучшение общих результатов по среднему первичному баллу (см. табл. 1.2).

Таблица 1.2

	2010 г.	2011 г.
Средний балл в первичных баллах (из 50)	19,6	22,2

Такой результат можно объяснить тем, что школьники начинают привыкать к новой форме экзамена, лучше готовиться к нему с помощью ежегодно выпускаемых ведущими издательствами России сборников и CD-дисков по подготовке к ЕГЭ.

Использованные методы оценки качества подготовки учащихся по физике позволили определить уровень достижения только некоторых целей обучения, предусмотренных образовательным стандартом по физике. В частности, из предусмотренной стандартом группы методологических умений проверялись только те, которые связаны с экспериментом, да и то только по картинкам.

Достижение целей обучения, связанных с развитием познавательных интересов и воспитанием учащихся, возможно оценить по выполнению заданий в письменной форме, при проведении лабораторных работ и в форме беседы. С помощью тестов с выбором ответа или открытых тестов эти достижения проверить трудно. Следовательно, для более полной проверки достижений школьников в соответствии с государственным стандартом ЕГЭ необходимо дополнить другими средствами диагностики учебных достижений учащихся.

Проблема освоения вопросов методологии познания при выполнении ЕГЭ*. В последние годы в ЕГЭ все больше обращают внимание на диагностику так называемый 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.).

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 формул, 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%.

2004 г. Принимали 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 в решении 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 виде $\sum p = const$ 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) увеличе-

* См.: Исследование процесса обучения физике: сборник научных трудов. Вып. XIII / под ред. Ю. А. Саурова. Киров: ИРО Кировской области, 2011. С. 14–19.

ния 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 участвовали 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%.

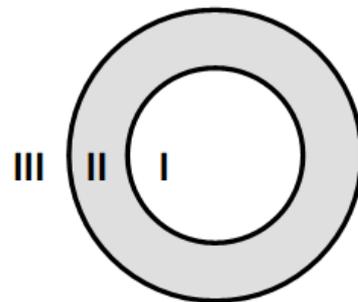
Анализ показывает, что при переходе от группы с оценкой «2» к группе с отметками «3» и «4» происходит лишь повышение процента выполнения заданий. Этот рост связан с тем, что у выпускников возникает разница в знаниях школьного курса физики. Только ученики, получившие оценку «5», могут применять физические 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 ответили 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 справились 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 справились с ЕГЭ около 12,3% школьников, а сдавали экзамен 70 052 выпускника.

При выборе показателя преломления стекла около 37% 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 выбирали 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 справились с ЕГЭ 9,7% школьников, а сдавали 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).

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 понятий, 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 ни одна тема» (Физика. 2010. № 6).

«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 связанные 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 справились с ЕГЭ около 6,4% школьников, а сдавали 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 владеют умениями решать задачи, и значительная часть экзаменуемых (как минимум более 20%) не готовы 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: 1. По данным ЕГЭ, в реальной практике обучения физике наблюдается ориентир на освоение технических (формальных, репродуктивных) знаний физики, формирование умений оказывается проблемой. 2. Качественное понимание физических явлений, владение логикой метода научного познания в целом характерно только для школьников с отличным уровнем подготовки (около 10% участников ЕГЭ). 3. Методологические знания и умения востребованы в системах диагностики ЕГЭ разных лет. Но пока это только отдельные по содержанию попытки. Нужен полноценный «банк» заданий, нужна специальная часть ЕГЭ по этой стороне подготовки школьников.

Данные о качестве знаний учащихся по физике, полученные по результатам Государственной итоговой аттестации (ГИА). ГИА для выпускников основной школы проводится с целью установления уровня освоения федерального государственного стандарта основного общего образования по физике, т. е. уровня овладения основным содержанием школьного курса физики и основными видами учебной деятельности.

В рамках анализа результатов ГИА были выделены отдельные группы выпускников основной школы, сдававших экзамен в 2008–2009 годах, в соответствии с полученными отметками по результатам экзамена.

Низкий уровень владения основным понятийным аппаратом курса физики основной школы продемонстрировали **4,1%** выпускников основной школы, сдававших ГИА по физике в 2009 году. (Для сравнения, таких выпускников в 2008 году было **7,7%**).

Удовлетворительные отметки за экзамен в 2009 году получили **35,1%** сдававших экзамен (**41,8%** – в 2008 году). Учащиеся показали владение отдельными законами и формулами, владение основами методологических умений; продемонстрировали умение решать расчетные задачи на использование одной формулы, а также умение извлекать и сопоставлять информацию из текста физического содержания.

Наиболее подготовленные по физике выпускники, получившие хорошие отметки на экзамене (**45,5%** – в 2009 году, **40,9%** – в 2008 году), справились с преобладающим большинством заданий низкого и среднего уровней сложности. Наибольшие затруднения вызвали у них расчетные комплексные задачи и задания на использование информации из текста в измененной ситуации, а также качественные задачи.

Отличную подготовку по физике – овладение всеми контролируемыми на экзамене при выполнении широкого спектра заданий разного уровня сложности продемонстрировали в 2009 году **18,3%** выпускников (**9,6%** – в 2008 году).

Данные о качестве знаний учащихся по физике, полученные по результатам TIMSS (2006 и 2009 годы). Сравнительное исследование качества общего образования (Trends in Mathematics and Science Study) осуществлялось в 2007 году Международной Ассоциацией по оценке учебных достижений IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievements). Основной целью исследования является сравнительная оценка общеобразовательной подготовки учащихся 8-го класса средней школы по математике и естествознанию. Итог: **41%** наших школьников оказались на продвинутом и высоком уровне, **44%** – на низком и среднем уровне и **5%** – ниже низкого уровня. Характеристика успехов и неудач, в общем, совпадает с результатами ЕГЭ: более

высокий показатель связан с усвоением понятий, законов и формул, с решением типовых задач; значительно ниже успехи в применении знаний на практике, особенно в незнакомой ситуации.

Содержание тестов TIMSS предполагает научную грамотность и требует от учащихся интегрированных знаний из разных наук и умений применять их в жизненных ситуациях современного общества.

Тесты TIMSS требуют научных знаний о Земле (15%), о живой природе (27%), по физике (27%), по химии (14%), об экологических проблемах и ресурсах (9%), о методах научных исследований и методологии науки (8%). Тестовые задания требуют подготовки разного уровня сложности: понимать простую информацию (39%), понимать сложную информацию (31%), анализировать явление и решать задачи (19%), использовать приборы, делать измерения и проводить лабораторное исследование (7%), проводить исследования явлений природы (4%).

Приблизительно одна четверть вопросов дается в формате свободного ответа, требуя, чтобы учащиеся сформулировали и написали ответ (*TIMSS 1999 International Science Report. Findings from IEA's Repeat of the Third International Mathematics and Science Study at the Eighth Grade. December 2000, p. 20*).

Естественнонаучная грамотность школьников как необходимый компонент современного общего образования по материалам PISA-2009.

Естественнонаучная грамотность – способность человека осваивать и использовать естественнонаучные знания: а) для распознавания и постановки вопросов, для освоения новых знаний, для объяснения естественнонаучных явлений и формулирования основанных на научных доказательствах выводов в связи с естественнонаучной проблематикой; б) для понимания основных особенностей естествознания как формы человеческого познания; в) для демонстрации осведомленности в том, что естественные науки и технология оказывают влияние на материальную, интеллектуальную и культурную сферы общества.

Исследование PISA проводится в целях экономического развития стран-участниц. Страны, участвующие в PISA, вместе представляют около 90% мировой экономики. Исследование PISA начинается с понятия научной грамотности. PISA-2009 оценивает **научную грамотность** в пределах структуры взаимосвязанных аспектов, а именно:

- знание или структура знания, которые учащиеся должны усвоить;
- компетентности, которые учащиеся должны усвоить и применять (например, выполнение специфического научного процесса: измерения, определения погрешности, теоретического вывода, его интерпретации и т. п.);
- задачные ситуации, в которых школьники сталкиваются с научными проблемами и соответствующими знаниями и навыками, которые должны быть использованы: экология, здоровье, возобновляемые источники энергии, описание принципа действия бытовых машин и приборов и т. п.

Средний результат российских учащихся по естественнонаучной грамотности в (PISA-2009) статистически значимо ниже среднего результата по странам ОЭСР и составляет 478 баллов (по странам ОЭСР – 501). С учетом ошибки измерения российские учащиеся 15-летнего возраста по данной области занимают 37–40-е места среди 65 стран. В лидирующей группе оказались учащиеся Шанхая (Китай) со средним баллом 575, Финляндии – 554 балла, Гонконга (Китай) – 547 баллов, Сингапура – 542 балла и Японии – 539 баллов.

В соответствии с уровнями естественнонаучной грамотности исследования PISA 78% российских учащихся достигли и превысили пороговый уровень (2-й по международной шкале). При этом результаты большинства учащихся (около 60%) соответствовали 2-му и 3-му уровням естественнонаучной грамотности, которые можно охарактеризовать умениями выявлять явно сформулированные научные проблемы в простых ситуациях, делать выводы на основе про-

стных исследований, формулировать короткие высказывания, используя имеющиеся факты, объяснять явления и процессы в знакомых ситуациях, используя имеющиеся естественнонаучные знания.

Лишь **4,2%** учащихся продемонстрировали высокий уровень естественнонаучной грамотности (5–6-й уровни по международной шкале). При выполнении заданий теста они успешно выявляли естественнонаучные аспекты в достаточно сложных жизненных ситуациях, связывали информацию из различных источников и использовали ее для объяснений и обоснований различных решений, строили аргументацию на основе критического анализа.

Потенциальные возможности к продолжению естественнонаучного образования (4–6-й уровни) продемонстрировали около четверти российских учащихся. В среднем по странам ОЭСР эта группа составляет более **29%**, а в лидирующих странах или территориях, например Шанхай (Китай), Финляндия, Гонконг (Китай), превышает **45%**. Более **22%** российских учащихся не достигают порогового (2-го) уровня естественнонаучной грамотности (средний показатель по ОЭСР – **18%**).

Результаты исследования PISA обозначили дефицит российских учащихся в сформированности ряда важных умений: осуществлять поиск информации по ключевым словам; анализировать процессы проведения исследований; составлять прогнозы на основе имеющихся данных; интерпретировать научные факты и данные исследований; выявлять научные факты и данные исследований, лежащих в основе доказательств и выводов; интерпретировать графическую информацию; проводить оценочные расчеты и прикидки.

Следует отметить, что международные исследования TIMSS и PISA направлены на измерение научной грамотности школьников как необходимого компонента современного общего образования. Джон Миллер считается ведущим мировым экспертом по международному измерению научной грамотности. В докладе, сделанном на годовом собрании AAAS, Джон Миллер определяет научную грамотность как **«уровень понимания науки и техники, который должен был бы функционировать в современном постиндустриальном обществе. Это определение не подразумевает оптимальный уровень понимания, а скорее минимальный пороговый уровень»**.

Путем тестирования Миллер нашел показатели для измерения двух существенных сторон естественнонаучной грамотности:

первым показателем являются элементарные знания ключевых научных понятий, таких, как стволовая клетка, молекула, миллимикрон, нейрон, лазер, ДНК, ядерная энергия, дрейф континентов, причина сезонов, биологического развития и парникового эффекта;

вторым показателем является понимание процесса науки – понимание, что наука базируется свои заключения на фактах и законах, а не на эмоции, идеологии, древних преданиях, утверждениях авторитетных фигур, суеверии или религии. С научной точки зрения грамотные люди должны, таким образом, понимать, что означает «изучить что-то с научной точки зрения». Это значит быть в состоянии понимать такие слова, как «эксперимент» или «гипотеза», и понимать, что, например, астрология никак не является наукой*.

Исследования **TIMSS и PISA** выявили тревожные **тенденции резкого снижения успешности в решении трудных задач**. А это опасно, так как одаренные дети составляют драгоценное достояние нации. Система образования, не способная оказать им стартовую поддержку, наносит колоссальный урон человеческому потенциалу страны. Развитие интереса к будущей профессии и соответствующих способностей, *подготовка будущей научной*

* The Surprising Effectiveness of College Scientific Literacy Courses // The Physics Teacher. V. 46. 2008. October. P. 405.

элиты страны – крайне важная задача. Но она должна решаться не только в рамках общих для всех курсов, но и с помощью традиционных доказавших свою эффективность форм – кружков, факультативных и элективных курсов, конкурсов, турниров и олимпиад, системы дополнительного образования при активном привлечении ученых, работников вузов, деятелей культуры. Замечательные отечественные традиции работы с будущими математиками, физиками, химиками, биологами должны быть восстановлены и распространены на другие учебные дисциплины. Их необходимо изучать и развивать применительно к новым условиям жизни общества.

Повторим, ***получение научных фактов о различных сторонах процесса обучения физике (не только качества подготовки школьников по ЕГЭ) является стратегической задачей для развития физического образования на научной основе.*** Только тогда экспериментально твердо можно установить реальные проблемы, а затем найти содержательные и стратегически верные методические решения.

1.2. Основные положения методологии методики обучения физике

Методика обучения физике представлена тремя большими, специфическими и взаимосвязанными областями деятельности – методикой обучения физике как педагогической наукой, методикой обучения физике как учебной дисциплиной, методикой обучения физике как практикой обучения [156–157,162]. Впервые прямо и продуктивно рассмотрение вопросов методологии в методике обучения физике, причем в разных аспектах, определил В. Г. Разумовский (1972, 1983, 1984). В разные годы в это направление методической работы внесли большой вклад В. Н. Мощанский, В. В. Мултановский, Г. М. Голин, Б. И. Спасский, Ю. А. Коварский и др. Ниже учитывается и обобщается этот опыт деятельности.

Методика обучения физике (дидактика физики) как наука занимается производством методических знаний в самых разных формах и для самых разных целей: исследование знаний школьников, построение социального заказа в форме стандартов, программ и т. п., конструирование дидактических моделей и закономерностей и др. Учебный предмет «Теория и методика обучения физике» решает задачи представления научных знаний в формах, удобных для трансляции, передачи «опыта рода» от ученых-методистов к студентам и учителям, отчасти – к родителям. Практика обучения физике представлена, с одной стороны, разными знаниями, нормами об обучении физике, с другой стороны, опытом самой этой деятельности. Причем опыт такой сложной деятельности не всегда может быть представлен в какой-то жесткой технологии обучения, он может быть скорее искусством, чем наукой. Таким образом, репродуктивная деятельность дополняется творческой деятельностью. Развитие методики обучения физике выражается в развитии всех трех названных областей деятельности. Методология методики обучения физике, в том числе методология развития, имеет свои особенности в каждой названной области деятельности. Обратимся последовательно к её рассмотрению.

Общие вопросы методологии методики обучения физике. Методология познавательной деятельности, с одной стороны, вскрывает социальную, ис-

торическую природу научного познания, с другой стороны, учитывает психологические особенности творчества. Поэтому в методике обучения физике она является фундаментом, с учетом которого строятся все теоретические и практические решения. **Методология** по определению – это учение о принципах построения, формах и способах научного познания. Методология задает познавательные инструменты, с помощью которых можно интегрировать разные знания и деятельности. К числу этих познавательных средств относят факты, гипотезы, модели, языки описания явлений, системы знаний – принципы, законы, теории, картины мира и др.

Методология в теории и методике обучения и воспитания физике может быть представлена следующими системами знаний знаниями (и соответствующими умениями):

- Методы, приемы и процедуры исследовательской деятельности в методике физике. Сюда входят все возможные средства изучения методической деятельности в области науковедения, деятельности преподавания, учебной деятельности, в том числе при организации решения задач, проведения учебных физических экспериментов и др. Отдельно выделяются все аспекты установления взаимосвязей моделей и представлений методики физики и практики обучения физике в условиях экспериментального исследования.

- Элементы методологии при построении содержания физического образования разных профилей обучения, разных классов и разных форм обучения. Сюда входят заложенные в нормативные требования представления о научном познании в области физики. В частности, выделим следующие основные знания, которые на конкретном материале усваиваются: а) знания о структуре физики, статусе её знаний, проблемах и тенденциях развития, б) знания о содержании основных положений физики: фундаментальные факты, понятия и законы; модели физических систем и процессов; теоретические концепции и гипотезы; принципы, идеи, теории, в) знания о методах и методиках экспериментального и теоретического исследования, процедурах получения следствий, процедурах (принципы, формы, способы и др.) установления связей между теорией и практикой, интерпретации экспериментальных данных и др., г) вопросы методологии организации процесса усвоения «опыта рода», где принципиальное значение имеет отражение исторически сложившихся норм познавательной деятельности, в том числе мышления и мировоззрения.

Методология как учение о методах научного познания и преобразования мира может рассматриваться как часть теории познания (гносеологии). Формирующие цели методики обучения физике делают необходимым учет представлений современной методологии с её изменчивыми познавательными нормами. В целом к общим вопросам методологии можно отнести: понятие о методологии и её возможностях для физического образования, методы исследования и конструирования (проектирования) в методике обучения физике, формы социального заказа: нормативные документы (стандарты, программы, инструкции), учебники, материальная база, подготовка учителя, вопросы методологии в содержании образования и методах обучения, вопросы методологии изучения, обобщения и использования опыта практики обучения физике, науковедческие вопросы в развитии методики обучения физике.

В настоящее время методология познавательной деятельности используется как стратегический ресурс развития физического образования.

Методология и методика обучения физике как педагогическая наука. Очевидно, что системы знания методики обучения физике состоят из весьма разных понятий, принципов, закономерностей, теорий. Сюда входят а) физические знания, такие, как масса и энергия, б) математические знания, такие, как

функция и уравнение, в) общие педагогические знания, такие, как ученик и учение, г) дидактические знания, такие, как принцип и метод, и многое другое. Построить из этих знаний общепринятую и универсальную структуру методических знаний весьма трудно, поэтому в настоящее время её нет. Но систематизация научных знаний необходима, поэтому для разных целей существуют свои варианты систем методических знаний. Например, в табл. 1.3 по известной логике теории представлена одна из возможных систем знаний, из-за общности она обозначена как метасистема.

Таблица 1.3

Метасистема методики обучения физике



В методике обучения фундаментальным является рассмотрение вопросов содержания физического образования, характеристик процессов обучения, особенностей организации обучения. Общий взгляд на содержание этих вопросов и задает исходную идею (парадигму) в построении школьного физического образования. Для последних десятилетий характерны попытки системного представления школьного физического образования в единстве обучения, воспитания и развития. Совершенствование методики обучения физике идет и через совершенствование языка науки, хотя этот процесс трудный. Так, уже давно

осознана необходимость дополнить качественные принципы обучения количественными закономерностями, но проблема решается трудно (И. И. Нурминский и др.).

В содержание методики обучения физике как науки входит и отношение теории и практики. Взаимоотношение науки (теории) и действительности (практики обучения физике) многоаспектно. С точки зрения методологии это отношение идеального и реального. Идеальные модели науки через конкретные методики позволяют «строить» действительность. Под углом зрения методологии научного познания рассматриваются отдельные аспекты педагогической реальности – процессы обучения физике. Но это особенная реальность. Во-первых, она создаваемая, организуемая и, таким образом, в определенном смысле конструируемая реальность. Во-вторых, это «активная» реальность, т. е. реальность, которая несет цель, мотив, а значит, отсюда – это сознательная реальность. В-третьих, обучение физике как реальность – это изменяющийся процесс, т. е. динамическая реальность. В такой реальности единичный объект (субъект) существует в непрерывном изменении, причем обычно процессы усложняются. Иное дело, что в сложной системе возможны квазистационарные, или статические, состояния. Однако такая характеристика реальности возможна лишь в рамках определенной задачи, например при рассмотрении процесса за короткий промежуток времени, когда изменения не проявляются. Весьма существенно и то, что научно-методическое творчество учителя способствует самоорганизации такой сложной системы, как школьное физическое образование.

Изучение (а отсюда и теоретическое построение) практики обучения физике в науке – это всегда задача её описания на каком-то языке. Системно это можно сделать только под конкретную цель. Проблема языка дидактического исследования остается весьма острой.

Методы исследования в методике обучения физике традиционно делят на теоретические и экспериментальные. К первым относят: выдвижение гипотез о процессе и природе дидактического явления (усвоения знаний, формирования умений, развития качеств и др.), построение учебных систем знаний как дидактических моделей, конструирование средств усвоения, выяснение тенденций и закономерностей развития как самой науки, так и процессов обучения физике, анализ международных тенденций в физическом образовании, обобщение передового педагогического опыта, анализ психолого-педагогических особенностей процесса усвоения физических знаний и др. Ко вторым относят: экспериментальное изучение практики преподавания и учения, получение экспериментальных фактов усвоения отдельных элементов знаний, изучение мотивации школьников, например с помощью анкетирования, наблюдение учебного процесса, беседа с учителями и школьниками, поисковый и формирующий педагогический эксперимент при проверке дидактических гипотез и др.

Состояние физического образования реально выясняется через систему мониторинга достижений школьников, в которую входят единый государственный экзамен, областные и районные контрольные работы, школьные диагностические работы разного предназначения, текущая проверка знаний школьников и др. Немаловажной является экспертная оценка опытных учителей, методистов. Видение реальностей физического образования сильно зависит от используемых средств, методов исследования.

Методика обучения физике как учебный предмет. В настоящее время в системах физического образования работают большое число специалистов, сама система физического образования представлена разнообразными организациями (школами, вузами, центрами, исследовательскими институтами). По-

этому проблема построения учебных знаний о методике обучения и воспитания физике, трансляции этих знаний – немаловажная проблема. Её решение – в построении на основе научных знаний и практики преподавания особого учебного предмета «методики обучения физике», особой деятельности преподавания.

Классическое строение учебного предмета не случайно совпало со строением методики физика как науки: общие вопросы, частные вопросы, методика и техника учебного физического эксперимента. До конца XX века дифференциация задач этих областей деятельности была ещё слабой, практика научной деятельности, прежде всего теоретическая, только формировалась. Сейчас научно-методическая деятельность по специальности «теория и методика обучения и воспитания физике» организуется в системе многочисленных аспирантур и докторантур, в НИИ содержания и методов обучения РАО, в системе большого числа научных конференций, в рамках индивидуальной научной деятельности. Организация усвоения методики обучения физике существует во многих педагогических вузах, институтах повышения квалификации учителей. Следует признать особенности этих двух областей деятельности.

В настоящее время классическая структура ещё сохраняется при построении учебного предмета «методика обучения физике» в вузах. Изменения происходят в сторону большей теоретической целостности учебного предмета, представленной разными курсами, построения систем основных и специальных курсов. Например, это следующее построение логики изучения методики обучения физике с учетом не только содержания, но и видов деятельности.

- **Теоретические основы методики обучения физике:** лекции по общим вопросам, семинарские занятия, лекции по избранным вопросам методологии при выполнении дипломов, консультации и др.

- **Методическая техника обучения физике:** лекции по частным вопросам методики физики, методика и техника школьного учебного физического эксперимента, практикум по решению физических задач, спецкурсы и спецпрактикумы, семинарские занятия, курсовая работа и др.

- **Технологии обучения физике:** лекции по частным вопросам методики обучения физике (частично), семинарские занятия, спецкурсы, педагогическая практика, выполнение дипломов и др.

В целом и построение, и содержание учебного курса адекватно отражают содержание и проблемы методики обучения физике как науки. Но существует и очевидная самостоятельность учебного предмета «методика обучения физике». Например, есть специальная задача формирования интереса к этой науке среди слушателей, известен разумный консерватизм учебных систем знаний по сравнению с более изменчивыми научными знаниями.

Вопросы методологии практики обучения. Методология деятельности (игровой, познавательной, трудовой, учебной) предназначена помочь верному, т. е. современному, определению и оформлению социального заказа. В том числе правильной интерпретации понятий, законов и теорий при обучении физике, построении современной физической картины мира. Но все же главным является построение на основе методологии процесса учебного познания, в котором приоритет отдается освоению **методов** деятельности как с физическими объектами и явлениями, так и с физическими системами знаний. В первом случае речь идет о выделении, исследовании (изучении) физических явлений. Во втором случае – о специфической работе со знаками, которые используются в физике. Здесь задача – в усвоении математики как языка физики, овладение правилами работы с моделями, установление связи «реальный объект – его модель».

Немаловажным для практики обучения является формирование методологической культуры учителей физики, в целом построения деятельности пре-

подавания. В настоящее время управленческие аспекты деятельности преподавания становятся все более значимыми, в частности особо актуальной является организация учебного познания физических объектов и явлений.

В главных чертах вопросы методологии при обучении физике должны способствовать освоению школьниками (и учителями) следующих **умений**.

- Применять при изучении явлений следующие методологические знания: различать физический объект и его модель, постулаты и законы; приводить примеры о границах применимости изученных знаний; иллюстрировать примерами объяснительную и предсказательную функции теории; объяснять развитие физического знания по схеме «факты – модель – следствия – эксперимент» и др.

- Осваивать конкретные методы и методики научного исследования: макроскопическое и микроскопическое описание объектов, статистические и динамические закономерности и др.; 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.

- Уметь отделять объекты природы от объектов науки (средства описания), понимать проблему выбора средств описания и др. 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 понятия: материя и вещество, движение и механическое движение, действие и сила, инертность и масса, объект и его модель. Различать понятия об объектах природы (электромагнитное поле и волны, электрический ток, дисперсия и интерференция) и идеализированных объектах теории (гармонические колебания и волны, световой луч, точечный заряд) и др.

- Раскрывать структуру механики (статической 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 ИСО, погрешность измерения всех физических величин. Понимать абсолютность и относительность знаний об объектах и явлениях: использование моделей и относительность нашего знания; погрешности измерений, их природа и относительность знаний; инвариантные характеристики явлений, конкретность приближенных знаний и т. д.

- Иллюстрировать истинность следующих, например, теоретических положений: все тела состоят из частиц, частицы хаотически движутся, частицы взаимодействуют друг с другом; существуют силы поверхностного натяжения жидкости; необратимость процессов в природе (и др.). Иллюстрировать связь науки и техники: использование методов измерения физических величин, использование свойств газов, создание тепловых двигателей и расчет их КПД и др. Владеть экспериментальным методом изучения свойств газов, поверхностного натяжения, свойств твёрдых тел, теплопередачи и др.

- Владеть следующими чертами современного стиля мышления: использование теоретического и экспериментального методов познания явлений; выделение взаимодействия как причины явлений; системный подход к выделению и анализу физического явления; отношение к математике как к языку физики; использование логики научного познания физических явлений (факты – гипотеза, модель – следствия – эксперимент); выделение структуры физических теорий (основание – ядро – выводы); предсказание поведения физической системы (например, цепи переменного тока) при изменении ее какого-то параметра (сопротивления); рассматривать физические явления в развитии, в системе, во взаимосвязи; изучать явления по схеме «от абстрактного к конкретному», от общих представлений о сущности яв-

ления до конкретного решения многообразия задач; на основе исторического материала приводить примеры неверных, неточных гипотез, предположений.

- Использовать экспериментальные факты для показа источника и критерия истинности следующих знаний: закон Кулона, закон Ома, формула силы Лоренца, закон электролиза, закон электромагнитной индукции, формула для периода электромагнитных колебаний, скорость электромагнитных волн, уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, ядерная модель атома, квантовые постулаты Бора, закономерности линейчатых спектров, закон радиоактивного распада и др. Иллюстрировать примерами значение квантовой физики для экономического и социального развития страны.

Представленные умения задают нормы, освоение которых существенно для развития практики обучения физике на современном этапе. В целом рассмотрение вопросов методологии в методике обучения физике способствует системному представлению этой области деятельности, модернизации познавательного инструментария самой науки (объект, предмет, гипотеза, метод и др.), совершенствованию структуры и содержания учебных систем знаний, организации современной по структуре и содержанию деятельности в ходе процесса усвоения физики.

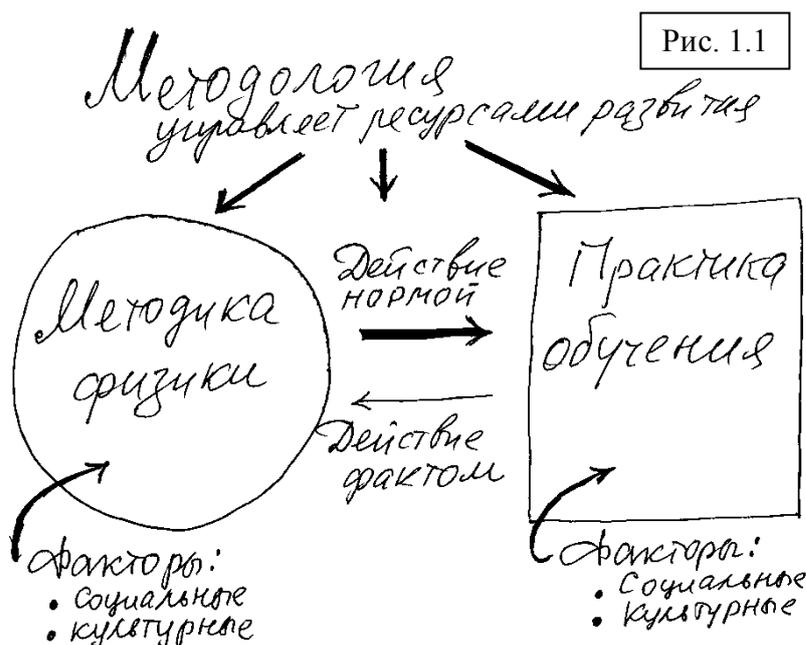
Идея развития науки и практики обучения физике. Современные проблемы практики обучения физике глобально обусловлены двумя взаимосвязанными факторами: социально-экономическими процессами в стране и состоянием развития науки – методики обучения физике. Ниже обратим внимание на ряд ключевых аспектов второго фактора как предмета профессионального внимания. По-видимому, единственным источником развития является деятельность и, конечно, её материальные и идеальные продукты, например средства обучения. Деятельность разная: во-первых, специализированная (исследовательская, учебная, преподавания и др.) и кооперированная (методологическая, методическая и др.), во-вторых, разная по объектам и целям – социализация (прагматические нормы) и усвоение культурных норм (мировоззрение).

На схеме (рис. 1.1) выделены три области деятельности, необходимые для развития физического образования: наука, практика и их взаимодействие. Все последние десятилетия эти области только усложнялись. Сейчас управление их развитием остро нуждается в таком ресурсе, как методология, причем она по-разному представляется для этих областей.

Невозможно развивать образование, а перед этим «забыть» соответствующую отрасль педагогической науки. Смеем предположить, наука должна развиваться даже при свертывании или деградации производственной деятельности. Может быть, даже вопреки реальной практике.

В конце 80-х годов явно намечалась новая реформа содержания образования: прошло более 20–25 лет со дня предыдущей, стали формироваться новые условия жизни, наступало время нового материального обеспечения школ (компьютеры, новые кабинеты и др.). Но в это время как раз и наступает резкий спад: государство «бросает» науку, ученые-специалисты уходят в бизнес, политику, деградирует собственно развитие науки. Словом, в реальности «проедаются» старые наработки, плохо на всех уровнях формируются новые интеллектуальные решения. А задачи реформирования остаются. В этих условиях их решение становится словесным, в лучшем случае используют старые решения, но придают им новую «упаковку». В целом методика физики как наука почти перестает думать на десятилетия вперед. И заказа нет, и людей нет, и ресурсов нет.

Когда станет нужно (как сейчас), то получается – методических решений нового поколения нет. Но, несмотря на сложное положение науки, все эти годы отдельные группы и исследователей продолжали работать на будущее, своими решениями закладывали на уровне теории и практических решений новые методики. Так, на наш взгляд, теоретическое основание и новый опыт построения экспериментирования накоплен глазовскими методистами-физиками. Речь идет о воспроизводстве творчества в массовой школе. Но это в основном индивидуальная работа, для придания ей социальной значимости необходима помощь государства. Необходимо тиражирование нужных для развития науки и образования методик с нужным обеспечением и эффектом.



Нормативные решения сегодняшнего времени и учитель. Конкретнее, это вопрос о кадрах, об ученых и учителях. Примерно 10-15 лет (1985–2000) учитель физики фактически заброшен: нищенское материальное состояние, плохое обеспечение учебного процесса, сложное социальное положение родителей и школьников (нередко бывало: есть нечего!), необходимость для выживания работать в нескольких местах, разрушение интеллектуального общения, почти полное прекращение чтения журналов и книг и т. д. В этих условиях сложилось поколение учителей. Сейчас неустойчивость учителя дополнилась сокращениями из-за отсутствия школьников (демографическая «яма»), дополнительным прессом оказывается в этих условиях введение элементов конкуренции в общеобразовательных учреждениях. Идея эта сладка, но в конкретных условиях формальная. Учитель заезжен, не свободен, его социальный статус невысок, мужчин в школе как не было, так и нет, несмотря на многолетние лозунги. Словом, государство в значительной мере забросило ключевой ресурс физического образования.

А как обеспечивается духовная жизнь рядового учителя? Среди методистов усиливается специализация, дух современной физики некому нести в системах повышения квалификации, только ЕГЭ в качестве норм вынужденно доходит до большинства учителей. С другими нормами (а их очень много!) дело обстоит неважно. Они не конкретны, консервативны, мало доступны по разным причинам, плохо формализуются и трудно транслируются. Изменить стиль преподавания сродни революции, здесь нужны ориентиры, здесь нужна конкретная методическая помощь.

Нормативные решения будущего и содержание физического образования. Учебные системы знаний быстрее стареют, чем научные системы знаний. Практически для нового поколения должны строиться новые учебные системы знаний. Особенно это важно для быстроразвивающегося мира. Это будет интеллектуальный продукт, который надо воспроизводить. Так ли ясно мы его видим? Что же надо готовить сейчас для будущего? – вопросы для теории и практики.

Нормативные решения в процессах деятельности обучения. Нормируется не только содержание, но и учебная деятельность, в целом процесс усвоения опыта рода. Не случайно в последние десятилетие так много внимания формам – формам организации деятельности, приемам, проектам и т. п. Нормирование творческой деятельности – стратегическая задача развития физического образования.

Проблемы методических исследований. Несомненно, наблюдается кризис в выполнении диссертационных исследований. Об этом свидетельствуют организационные действия официальных органов (решения ВАК), постоянное ворчание и периодические возмущения по тому или иному поводу экспертов, недовольство общественности и самое главное – практики. Одним словом, кризис. Но ни рефлексивного анализа причин, ни коллективного поиска выхода, ни морали для будущего развития науки толком не видно. Менеджеры образования и науки не понимают движения, не могут ни управлять, ни организовывать. Они с вершины горы руководят, а чем – не понятно.

Собственно развитие методики физики как науки в последние 15–20 лет затормозилось. Пришел прагматизм, который утянул все силы в прикладные работы. Но и они оказались внешними, часто примитивными. Докторские диссертации, по необходимости, решали проблемы не науки, а аттестации. Лозунги в целом верные, но нет ни условий, ни государственных по масштабу задач. Как при этом получить отличный научный продукт?

Стратегические проекты. Проблемы науки сильно влияют на качество практики обучения. Периодически практику «штурмит» из-за очередной моды, когда одна научная категории гипертрофированно раскручивается как панацея от всех бед. Потом на смену одной моде приходит другая... Конечно, методика физики как прикладная наука – это прямая рефлексия практики, социального заказа. Но какой практики: прошедшей или будущей? Для построения будущей деятельности, которой пока нет, надо иметь методологические ориентиры и на их основе строить новую деятельность. Запросы уже есть, их надо видеть.

Развитие практики обучения не может быть без ведущей роли теоретических моделей, своеобразного языка практической деятельности. Но для их успешной реализации важно иметь не только идею, но развернутый проект. Так возникает задача построения системы проектов для формирования будущего нашего образования. Приведем некоторые **примеры** актуальных направлений научно-методической деятельности с нашим участием.

- **Совершенствование и построение теоретико-методологических основ современной методики обучения физике**, которое, в частности, представлено следующими работами: «Физика в школе: Научный метод познания и обучение» (В. Г. Разумовский, В. В. Майер, М., 2004), «Принцип цикличности в методике обучения физике» (Ю. А. Сауров, Киров, 2008), «Инновации в преподавании физики в школах за рубежом» (В. Г. Разумовский, Новосибирск, 2005) и многочисленными статьями.

- **Разработка новых концепций обучения физике в основной и профильной школе**, в которых решаются цели формирования интереса к научному методу познания, интеллектуального и инновационного развития школьника, организации познавательной самостоятельности в процессе овладения знаниями при решении задач и выполнении экспериментов, свободного и осознанного освоения научного мировоззрения, овладения жизненно важными знаниями и умениями в процессе учебной деятельности на уроке и предотвращения перегрузки, приобретения опыта творческой деятельности и интеллектуального развития в процессе обучения, овладения экспериментальными и теоретическими методами исследования и общим научным методом познания, обеспечения процесса самообразования, овладения общеучебными и специальными умениями, необходимыми для успешного обучения в профильной школе и вузе.

• **Разработка системы учебных экспериментов для организации исследовательской учебной деятельности школьников в массовой школе.** Приведем некоторые важные результаты последнего времени: Майер В. В. Свет в оптически неоднородной среде: учебные исследования. М.: Физматлит, 2007. 232 с.; Майер В. В. Полное внутреннее отражение света: учебные исследования. М.: Физматлит, 2007. 160 с.; Майер В. В., Майер Р. В. Электричество: учебные исследования. М.: Физматлит, 2007. 232 с.; Майер В. В., Вараксина Е. И. Звук и ультразвук в учебных исследованиях: учебное пособие. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. 336 с.

• **Построение учебников (и методических комплектов) для базовой и профильной школы нового поколения** под идею «Физика в самостоятельных исследованиях» (ред. В. Г. Разумовский, В. А. Орлов). Учебники для 7–9-х классов и учебники для 10–11-х классов уже вышли в свет (издательский центр «ВЛАДОС»).

Для системного решения концепции нового содержания, представленного в учебниках, разрабатывается учебно-методический комплект для школьников и учителей. В частности, вышли в свет три методики обучения физике для курса физики основной школы под редакцией В. Г. Разумовского и В. А. Орлова (издательский центр «ВЛАДОС»), в 2010 г. издано, а в 2011 г. переиздано учебное пособие для школьников старших классов «Практика решения физических задач» (В. А. Орлов, Ю. А. Сауров, издательский центр «Вентана-Граф») и др.

• **Систематическое экспериментальное исследование учебного процесса, мониторинг достижений школьников.** Здесь впереди борьба за систематизацию, подготовку и издание свода методик исследований всех сторон обучения физике...

1.3. Проблемы обучения физике и опыт зарубежной школы^{*}

В современных условиях, когда экономика стран всё больше зависит от владения наукоёмкими технологиями производства, школьное образование становится фактором конкурентоспособности государств. Для фиксации (хотя бы частично) этого фактора свыше пятидесяти стран участвуют в сравнительной оценке знаний школьников. К сожалению, по данным международных экспертов, качество обучения естественным наукам в наших школах по сравнению с передовыми странами по ряду показателей заметно ухудшается (Качество общего образования в российской школе по результатам международных исследований / науч. ред. Г. С. Ковалева. М.: Логос, 2006). Об этом говорят и результаты выступлений наших школьников на международных физических олимпиадах (Козел С. М. и др. XXXVII Международная физическая олимпиада школьников // Потенциал. 2006. № 8. С. 63–71).

После окончания Второй мировой войны произошли **два заметных этапа модернизации** преподавания физики в школах развитых и развивающихся стран. Эти этапы имеют общие тенденции для всех стран.

Первый этап произошел вскоре после окончания Второй мировой войны, когда стало ясно, что именно овладение достижениями современной науки – главный источник стремительного прогресса в технологии производства. Создание атомной бомбы и ядерной энергетики, реактивной техники, космических кораблей, автоматики и вычислительной техники показало, насколько важно уже на школьной скамье выявлять и пестовать интеллектуальную элиту – завтрашних ученых и изобретателей. Следствием этого обстоятельства в СССР и за рубежом стало создание современных учебников физики для физико-математических школ. Новые современные курсы физики (в 1948 году

^{*} См. полнее [129,131].

учебник под редакцией Г. С. Ландсберга в СССР, и после 1957 года в «послеспутниковый период» Массачусетский и Гарвардский проекты в США, Наффилдовский проект в Англии и почти одновременно Новосибирский проект в СССР) получили международную известность (Teaching School Physics, Edited by John L. Lewis. Unesco. 1972). И хотя по объему и уровню сложности они используются только в специализированных школах, но в целом оказали большое влияние на повышение научного уровня преподавания физики как фундаментальной науки в массовой школе. Некоторые сведения об этом этапе модернизации обучения физике в школах можно получить из книг на русском языке [100].

Критикуя существовавшее положение дел с преподаванием физики в школах, один из лидеров PSSC профессор Массачусетского технологического университета Ури Хабер-Шайм писал о том, что учебники устарели не только по содержанию, но и по методу изложения учебного материала: «В современных американских учебниках материал излагается догматически. Его нельзя понять, а можно лишь запомнить. Это ведет к перегрузке памяти учащихся плохо связанными друг с другом терминами и фактами»*. Поэтому одной из первоочередных задач модернизации школьного курса был отбор строго ограниченного количества важнейших фактов и объединение их стержневой идеей, являющейся центральной для понимания основ современной физики. Такой стержневой идеей явилась концепция познания свойств вещества и поля на основе классической и современной физики.

Другой особенностью модернизации было ознакомление учащихся с методами научного исследования. Эта идея стала общей для модернизации школьного курса многих стран.

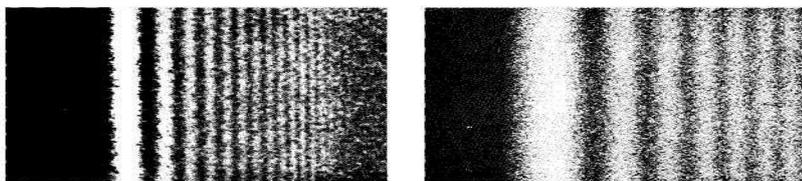


Рис. 1.2

Особенно большое внимание было уделено методу модельных и знаковых гипотез, а также методу аналогий. В частности, речь идет о корпускулярной, волновой и квантовой моделях света, о Томсоновской,

Резерфордовской и Боровской моделях строения атома. Идее существования материи в двух формах – вещества и поля – сопутствует идея корпускулярно-волнового дуализма. В начале ученик знакомится с кинематикой движения материальной точки; далее он знакомится с волновым движением и сразу же при изучении света использует две модели: корпускулярную и волновую. В дальнейшем ученик знакомится с фотонами как проявлением корпускулярных свойств электромагнитного поля (эффект Комптона), а также с явлением дифракции и интерференции электронов как проявлением волновых свойств вещества.

Корпускулярно-волновой дуализм показан как по отношению к электромагнитному

Рис. 1.3



полю, так и по отношению к частицам. На рис. 1.2 представлены две аналогичные фотографии дифракционной картины: (а) света и (б) электронов. Последняя фотография получена в электронном микроскопе от кристалла MgO размером менее одного микрона.

С точки зрения теории научного познания ма ценным является постоянное сопоставление ных эмпирических фактов с гипотезами, знаковыми моделями. Эти гипотезы позволяют объяснить наблюдаемое явление и предвидеть новые явления. В качестве примера приводим три рисунка из учебника PSSC. На рисунке 1.3 дана фо-

* *Haber-Schaim U. Objectives and content of the Introductory Physical Science course, E. S. I., Quarterly report. Summer–Fall, 1965.*

тография первой серии линий спектра водорода. На рис. 1.4 изображена схема уровней энергии атома водорода, включая вторую серию – серию Бальмера.

На рис. 1.5 дана механическая модель уровней энергии атома с заданиями для учащихся на объяснение явления квантового излучения атомом и на предвидение возможной величины кванта энергии.

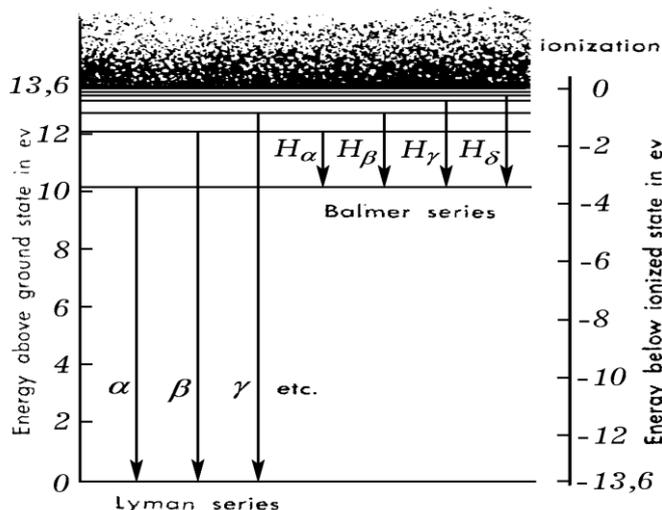


Рис. 1.4

общем интеллектуальном развитии учащихся. Однако новые учебники не получили широкого применения. Для широкой массы учащихся они оказались не доступными. Вот как охарактеризовал ситуацию Ури Хабер-Шайм: «Наибольшая трудность, встречающаяся учителями в преподавании нового курса, состоит в том, что учащиеся в средней школе не имеют опыта в наблюдениях, не имеют лабораторных навыков, не знают, как приложить знания по математике к экспериментальным результатам; у них также отсутствуют способности связывать абстрактные идеи с конкретной ситуацией. Часто они не имеют представления о порядке величины, не имеют навыков приближения, не способны судить, что важно и что не важно» (там же).

Стандартные фразы во многих учебниках следующие: «ученые установили то-то и то-то», «ученые делают так-то и так-то», и ученик должен лишь запомнить это. Естествознание во многих книгах является главным образом словарем терминов. В них слишком часто важные слова выделяются жирным шрифтом, и от ученика требуют лишь запомнить их. В естествознании, между тем, слова могут иметь смысл только тогда, когда они ассоциированы с явлениями или операциями. Учащимся нужно время, чтобы «переварить» знания.... *Итак, требование учителей состоит в том, чтобы начать подготовку в неполной средней школе к дальнейшему изучению физики в средней школе.*

Посмотрим теперь, какими средствами намечалось разрешение поставленной задачи. Тот же автор в своей статье продолжает: «Прежде всего, мы хотим дать почувствовать качество человеческих усилий, определяющих развитие науки. Мы хотим подчеркнуть главное, что корень всего естествознания есть явления и что понятия приходят позже. Мы хотим,

несколько одинаковых шариков размещено на верхней платформе А. Когда шарики будут с верхней платформы падать, то их температура будет возрастать пропорционально убыли потенциальной энергии. Шарики с платформ В, С, D будут падать снова. От ученика требуется ответ на вопрос: сколько изменений температуры шариков возможно получить на этой модели?

Школьная практика обучения по новым учебникам показала их эффективность не только в овладении знаниями современной физики, но и в

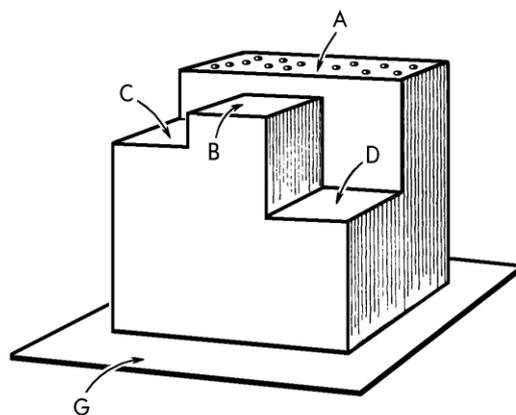


Рис. 1.5

чтобы ученик получал информацию из оригинального источника, из самой природы. Это требует постановки настоящих исследований в лаборатории. Но наука не есть только лабораторная работа. Мы связываем и обобщаем наши наблюдения. Мы конструируем модели или теории, с которыми можно логически манипулировать и которые будут вызывать новые вопросы»*.

Вводный курс физики, по замыслу авторов, – это обязательный общеобразовательный курс, который должен одинаково хорошо обслуживать и терминологическую сторону физики, и ее идейную основу. Авторы выбрали тему «Строение вещества» как стержневую, полагая, что ее развитие может оптимально соответствовать поставленным целям. Табл. 1.4 иллюстрирует фрагменты взаимной связи первичных наблюдений, обобщающих теоретических построений и гипотетических следствий из них, которые проверяются экспериментами.

Таблица 1.4

Наблюдение явлений и эксперименты	Интерпретация наблюдений и экспериментов. Гипотетические модели объектов и явлений
Прямая регистрация частиц счетчиком Гейгера; дискретные точки на фотопленке; индивидуальные треки в камере Вильсона: образование гелия и других элементов при радиоактивном распаде	Элементы состоят из дискретных частиц или атомов
Атомы нельзя увидеть в самый сильный микроскоп	Атомы должны быть очень маленькими, и их должно быть очень много
Элементы обладают характерными свойствами	Все атомы одного и того же элемента идентичны. Атомы различных элементов отличаются друг от друга
Газы легко сжимаемы, твердые тела и жидкости – нет	Атомы ведут себя как маленькие твердые частицы. В газах они сильно удалены друг от друга. В твердых телах они касаются друг друга

Отметим, что «Вводный курс физики» не стал обязательным для неполной средней школы США, как это предполагалось его авторами. Однако он успешно выполняет свои функции в тех школах, где изучается современная физика, где используется в старших классах курс PSSC. Наффилдовский курс физики в Англии также включает две степени обучения

Второй этап модернизации школьного естественнонаучного образования произошел в постиндустриальный период, когда стало ясно, что не только открытия и изобретения гениальных одиночек, но и овладение этими достижениями широкими слоями населения решает проблему конкурентоспособности страны на мировом рынке.

Проблема нового стандарта школьного образования подрастающего поколения за рубежом была поставлена в США в 1983 году Национальной комиссией, назначенной президентом Рейганом.

Доклад комиссии по улучшению качества образования США был назван «Нация на грани риска» и обращен к Президенту, Конгрессу и народу. Что же встревожило комиссию?

* *Haber-Schaim U.* Objectives and content of the Introductory Physical Science course, E. S. I., Quarterly report. Summer–Fall, 1965.

Вот некоторые выдержки из ее заключения: «Риск состоит не только в том, что японцы производят автомобили более эффективно, чем американцы. Он состоит не только в том, что Южная Корея недавно построила самый эффективный в мире сталепрокатный завод, и не только в том, что американское первенство в машиностроении потеснено германским производством. Риск состоит также в происходящем перераспределении в мире высокообразованных, высококвалифицированных кадров. Знания, обучение, информация и интеллектуальные навыки — это новый товар для международной коммерции, и сегодня этот товар распространяется в мире настолько же быстро, как наркотики, синтетические удобрения или голубые джинсы...

Народ США должен знать, что лица, которые не достигнут необходимого уровня грамотности и образования в соответствии с требованиями новой эры, не смогут реализовать свои гражданские права не только в уровне материального благосостояния, который сопутствует компетентности, но также в степени участия в жизни государства».

Президент Джордж Буш (старший) поставил конкретную задачу: поднять уровень подготовки по естествознанию и математике в школах США к 2000 г. на первое место в мире (National Goals for Education. US Department of Education. Washington D. C July, 1990). Вслед за США волна реформ школьного образования и модернизации преподавания физики в школе, в частности, прокатилась по всему миру. Общность этой реформы состоит в сходстве следующих требований к результатам обучения:

- объем знаний,
- качество знаний, умений и навыков,
- развитие познавательных и творческих способностей.

Подобная общность наблюдается и в средствах достижения обозначенных требований. Наиболее общим из них является ознакомление школьников с методом научного познания, с методами научных исследований и организация учебного процесса в форме организации экспериментальных и теоретических исследований учащихся.

Приведем наиболее важные примеры, иллюстрирующие общие тенденции. Новый стандарт преподавания физики в США рекомендует формировать у школьников следующие **умения и навыки**:

– формулировать обоснованные вопросы и проблемы на основе данных, полученных в результате наблюдений;

– планировать эксперимент при исследовании проблем, разрабатывать процедуры для систематического получения и фиксирования данных, выбирать оборудование и приборы;

– вести регулярные наблюдения, накапливая и систематизируя показания приборов, делать обобщения и выводы;

– анализировать и интерпретировать полученные результаты; выдвигать гипотезы, моделировать явления;

– делать заключения, сопоставляя полученные данные с начальными, результаты проведенного опыта с результатами предыдущих экспериментов, экспериментальные факты с теоретическими предвидениями, а также формулировать идеи для планирования дальнейшего хода исследования;

– использовать и передавать научную информацию в виде письменных и устных отчетов, сообщений, снабженных графиками, рисунками, формулами, таблицами, описаниями опытов, а также использовать инструкции, научную литературу, компьютеры и др.;

– планировать и проводить исследования в целом, включая наблюдения, анализ, систематизацию и интерпретацию данных, выдвижение гипотезы, моделирование, определение границ применимости модели и теории, вывод теоретических следствий, экспериментальную проверку теоретических выводов, творческое применение теории на практике, подведение итогов исследования и их обобщение (National Science Education Standards: An Enhanced Sampler. A Working Paper of the National Committee on Science Education Standards and Assessment. National Research Council. February, 1993).

Организация в процессе обучения видов деятельности учащихся, соответствующих методологии научного познания, обеспечивается содержанием но-

вых учебников. Одним из популярных учебников США является «Концептуальная физика» Пауля Хевита*. Первая глава учебника «О науке» **включает научный метод**. «Этот метод в основном следующий:

- 1) постановка проблемы;
- 2) выдвижение обоснованной догадки – гипотезы – предполагаемое решение проблемы;
- 3) предвидение явлений на основе гипотезы;
- 4) постановка эксперимента и проверка гипотезы;
- 5) формулировка простейшего общего правила, которое организует, связывает все три составляющие: гипотезу, предсказание и эксперимент» (с. 5).

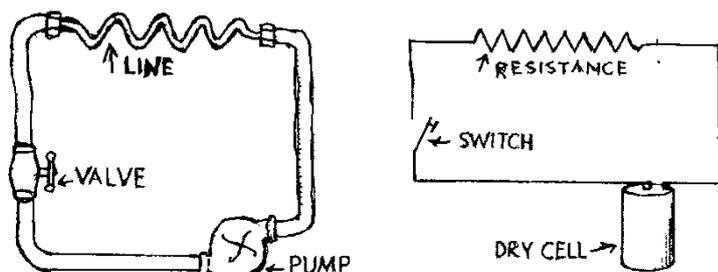


Рис. 1.6

Дальнейшее изложение материала в учебнике следует научному методу. При этом гипотезы выступают как знаковые или образные модели. Например, дается в качестве модели аналогия между током в водопроводной и электрической цепи (рис. 1.6).

Аналогичные тенденции наблюдаются в преподавании физики в школах Великобритании.

Реформа среднего образования в Великобритании, которая вступила в силу с начала 1988 года, вносит большие перемены: вводятся обязательные национальные программы по ряду общеобразовательных предметов, устанавливаются единые требования, касающиеся уровня обучения учащихся (Education reform. The governments: proposals for schools. Produced by the Central Office of information. 1987). Эти требования к знаниям и умениям учащихся по физике почти буквально совпадают с американским стандартом.

В качестве примера реализации реформы образования применительно к обучению физике рассмотрим некоторые особенности учебника Роуэлла и Герберта, вышедшего из печати в Англии в 1987 году. В 1994 году эта книга была переиздана в России [125]. Она предназначена специально для учащихся, готовящихся к заменам GCSE1 (1 Graduate Commission of School Education – аттестационная комиссия по школьному образованию) по физике и полностью охватывает программы GCSE экзаменационных региональных ассоциаций. Характерной чертой курса является то, что он построен на экспериментальной основе. Уже во введении учащиеся знакомятся с методами познавательной работы, с методами изучения физических явлений, такими, как наблюдение, эксперимент, систематизация данных, построение графиков, определение градиента или наклона графика, постановка и решение проблемы. Книга предназначена для обучения учащихся на их познавательной исследовательской деятельности. В книге дается свыше 150 лабораторных работ и еще почти столько же экспериментальных задач и упражнений. Для более полного представления о методе обучения по данному учебнику дадим **пример заданий для самостоятельных исследований учащихся**.

Исследование 1. Измерить пробег α -частиц в воздухе. Поместите трубку Гейгера — Мюллера в подставку и соедините ее со счетчиком. Измерьте средний фоновый счет. Затем возьмите радиоактивный источник – плутоний-239 и поместите его перед трубкой в непосредственной близости. Наблюдается большая скорость счета, скажем 1500 импульсов в минуту. Вслед за этим постепенно отводите держатель источника от трубки, удерживая на одной линии с трубкой, и продолжайте наблюдение.

Когда держатель находится на определенном расстоянии от трубки, скажем 4 см, то скорость счета неожиданно падает до фонового. Это указывает на то, что пробег α -частиц в

* Hewitt Paul G. Conceptual Physics. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1987.

воздухе при нормальном атмосферном давлении составляет примерно 4 см. Возвратите источник достаточно близко к трубке и поместите между трубкой и источником лист бумаги. Скорость счета падает до фонового, показывая, что лист бумаги достаточно для поглощения α -частиц.

Выразителем международных тенденций модернизации преподавания физики является Международный Бакалавриат. Организация «Международный Бакалавриат» (IB) возникла еще в начале 60-х годов со штаб-квартирой в Женеве. Это частная негосударственная организация, имеющая консультативный статус в отношении с ЮНЕСКО. Она поддерживается фондом «Двадцатый век» и фондом Форда. Первоначально это был синдикат по разработке материалов для школьных экзаменов, который в 1967 году получил название «Международный Бакалавриат» (IB). В функции этой организации входит разработка программ, учебных и экзаменационных материалов, а также инструктирование школ, вступивших в IB, тестирование и дипломирование выпускников этих школ. Диплом IB открывает дорогу его обладателям в наиболее престижные университеты мира, такие, как всемирно известные Оксфордский, Кембриджский, Гарвардский, Гейдельбергский, Сорбоннский и др.

К концу 90-х годов членами IB были свыше 630 школ из 84 стран мира, в том числе четыре школы Москвы. До 1996 года программы и учебные материалы IB разрабатывались только для старших классов средней школы. С 1996 года вводятся программы и для средних классов. В программе по физике выделены требования к знаниям, умениям и навыкам.

1. Требования к знаниям. Школьники должны:

- описывать законы и объяснять их как качественные или количественные модели реальности,
- описывать их феноменологический и экспериментальный базис,
- описывать их применимость в повседневной жизни,
- применять их в незнакомой ситуации,
- описывать, как они связаны друг с другом,
- понимать их ограниченность, знать область их применения.

2. Требования к экспериментальным умениям и навыкам. Школьники должны

уметь:

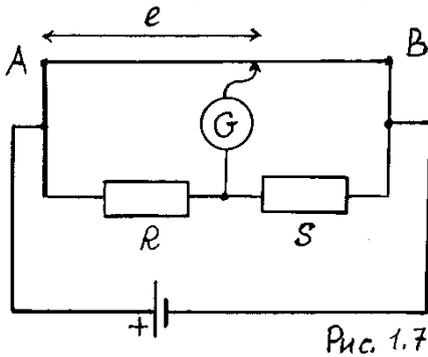
- безошибочно следовать инструкции в экспериментальных методах;
- уметь обращаться с приборами и оборудованием, соблюдая технику безопасности;
- записывать, систематизировать и анализировать экспериментальные данные;
- делать заключение по полученным данным, формулируя чисто эмпирическую модель или сопоставляя полученные данные с выдвинутой ранее гипотетической моделью;
- конструировать и проводить эксперимент для ответа на вопросы при создании модели или при проверке гипотезы.

Для получения диплома IB кроме успешной сдачи экзаменов по шести предметам необходимо еще **выполнение трех условий**:

- 1) овладение теорией познания, междисциплинарным предметом, помогающим в овладении научными знаниями и достижениями культуры;
- 2) написание сочинения по предмету в объеме 4000 слов как результат собственного исследования;
- 3) участие в школьной самодеятельности.

Представления о глубине изучения материала можно составить по содержанию экзаменов. Они состоят, как и в большинстве стран, из письменных работ и тестов. На выполнение письменной экзаменационной работы, включающей экспериментальное исследование, дается на 2 часа 30 минут. Она содержит 5 разделов, в которых дается 14–15 заданий. Приведем несколько **примеров** из работы, данной в 1993 году.

1. На рис. 1.7 дана схема электрической цепи, предназначенной для исследования зависимости сопротивления резистора R от температуры.



Задание:

- Сделать необходимые измерения, заполнить таблицу.
- Построить график зависимости R от t.
- Найти сопротивление образца при -10.0°C .

2. Брусок массой 1.00 кг через посредство невесомой пружинки тянут вдоль горизонтальной поверхности с постоянной силой 5.00 Н. При этом брусок движется с постоянной скоростью 2 м/с.

Задание:

- Изобразить векторную диаграмму сил, действующих на брусок.

б. Определить сумму всех действующих сил.

в. Сравнить работу силы на пути 1.00 м и кинетическую энергию бруска. Дать пояснение.

г. Что произойдет, если натяжение пружины возрастает до 10.00 Н, а все другие силы останутся прежними?

3. Электрическая цепь состоит из конденсатора емкостью 10,00 μF , катушки индуктивностью 5,0 мГ, выключателя и проводов. Первичная разность потенциалов на обкладках конденсатора 20 В.

Задание: Предполагая, что энергия катушки $\frac{1}{2}LI^2$:

- Рассчитать энергию конденсатора.
- Что произойдет при полном разряде конденсатора?
- Какова максимальная сила тока в цепи?

Тесты IV отличаются полнотой охвата изученного материала и разнообразием интеллектуальной деятельности, требуемой для выполнения заданий. Содержащий 44 задания тест дается на 1 час 30 мин. Приведем несколько примеров заданий разного типа.

I. Задания на «прикидку»

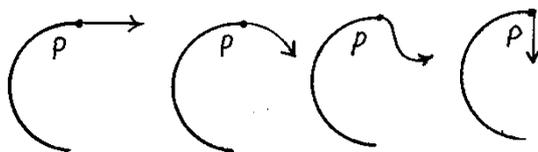


Рис. 1.8

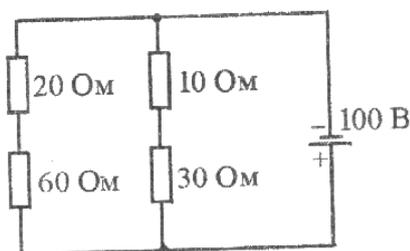
А. 12.8 м/с. Б. 13.6 м/с. В. 14.3 м/с. Г. 204 м/с.

3. Человек весом 500 Н стоит на напольных весах в кабине лифта, которая движется вниз с ускорением 2 м/с^2 . Каково показание весов?

II. Задания на применение законов в конкретной ситуации

1. Камень, привязанный к шнурку, движется по окружности в горизонтальной плоскости. В точке P шнурок разрывается. По какой траектории движется камень после разрыва шнурка (рис. 1.8)?

А. В. С. D. ?



2. Однородная метровая палка весом 100 Н сбалансирована на оси как показано на рис. 1.9. Какова величина силы F?

А. 225 Н. Б. 125 Н. В. 175 Н. Г. 250 Н.

3. Внутреннее сопротивление источника напряжения (рис. 1.10) пренебрежимо мало. Какова разность потенциалов на концах резистора 20 Ом?

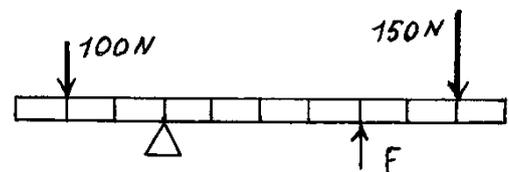


Рис. 1.9

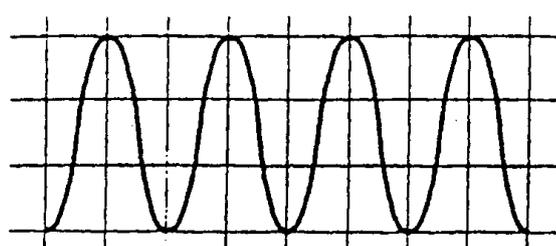
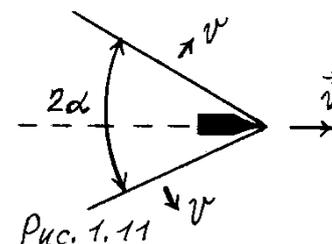
А. 16 В. Б. 25 В. В. 33 В. Г. 100 В.

III. Задания на понимание сути явления и предвидение. 1. Катер, идущий в стоячей воде, возбуждает пучности волн как показано на рис. 1.11. Угол между пучностью и направлением движения катера равен α . Если скорость катера возрастает, то:

А. Возрастут скорость волны и угол α . Б. Скорость волны останется прежней, а угол возрастет. В. Скорость волны и угол не изменятся. Г. Скорость волны и угол уменьшатся.

2. Электронный луч почти не отклоняется в электрическом поле конденсатора, когда перпендикулярно электрическому приложено магнитное поле. Если кинетическая энергия электронов возрастет, то начальная траектория электронного пучка может быть сохранена путем:

А. Увеличения расстояния между пластинами. Б. Уменьшения расстояния между пластинами. В. Уменьшения разности потенциалов между пластинами. Г. Никак не возможно.



IV. Задания на понимание принципа действия приборов и умение интерпретировать их показания. На рис. 1.12 показан вид синусоиды на экране осциллокопа. Цена деления по горизонтали 0.20 мс, а по вертикали 20 В. Действующее напряжение приблизительно равно:

А. 20 В. Б. 30 В. В. 40 В. Г. 60 В.

(International Baccalaureate Physics Subject Guid, Geneva, 1987).

Для выделения общих тенденций **модернизации** школьного образования необходимо сравнивать уровень и качество подготовки школьников по физике в разных странах. Этим систематически занимается Международная организация по оценке образовательных достижений школьников в разных странах (The International Association for the Evaluation of Educational Achievement). Сведения об этих исследованиях содержатся в монографии В. Г. Разумовского [112]. Стратегически важно такого рода экспериментальные исследования организовывать и нам, хотя бы в странах ближнего зарубежья, постепенно формируя нормы деятельности.

В заключение выделим **общемировые тенденции развития школьного физического образования** *.

Проблема нормирования деятельности в обучении. «Опыт рода» должен быть в чем-то задан, транслирован и усвоен. Нормативный характер этих процессов почти очевиден (Г. П. Щедровицкий). Поиск форм представления и построение нового опыта идет постоянно, причем в наше время эти процессы убастрятся. Вот почему так важно для обеспечения современной жизни вовремя задать нужные нормы деятельности. В главном они задаются структурой и содержанием учебного материала, практикой учебной деятельности школьников, образцами деятельности учителя, различными нормами-требованиями по организации деятельности.

Исторически деятельность людей меняется, хотя и сравнительно медленно. Это обусловлено а) изменениями окружающего природного и социотехнического мира, б) изменениями самого человека и коллективов людей, в) изменением задач, методов, стиля мышления, мировоззрения. Для воспроизводства деятельности (т. е. «опыта рода») эти изменения все время нуждаются (и выражаются) в новых нормах деятельности. Такой процесс постоянно идет в науке и культуре в целом. В физическом образовании ввиду жесткости, определенности, фундаментальности норм физического познания он идет медленнее, чем где-либо.

Изменение (лучше не использовать термин «модернизация»!) норм деятельности при обучении физике идет по всем названным направлениям. И этот процесс убастрится. Надо отчетливо понимать, что построение новых норм деятельности (в частности, физического

* См. полнее: Разумовский В. Г., Сауров Ю. А. Общемировые тенденции развития школьного физического образования // Настоящее и будущее физико-математического образования. Киров, 2008. С. 17–21.

мышления) и их внедрение по масштабам равносильно революции в жизни людей. Без этой революции возникает социальная революция. Вот почему такой инструмент управления жизнедеятельностью людей, их движения и развития так важен. Вот почему, как бы ни было болезненно, реформы в образовании необходимы. Но и ответственны.

Методология научного познания как ресурс нормирования деятельности. Функция физики как учебного предмета не исчерпывается тем, что в числе других естественных наук он обеспечивает формирование современного научного мировоззрения и миропонимания. Во всех странах больше или меньше осознано *общее гуманитарное* значение физики, которое состоит в том, что она вооружает школьника *научным методом познания*, соединяющим мыслящего человека с окружающим миром, формируя человека как *творческую личность*. Не случайно поэтому включение в нашей стране в стандарт школьного образования положений методологии познания (понятие о научном факте, гипотезе, методе и др.). При обучении в школе научный метод познания является для ученика одновременно объектом освоения и средством овладения учебным материалом. Например, в США в рамках программы PSSC реализуется достижение следующих **целей**:

- Учащиеся должны усваивать не только научные знания, но и методы научных исследований: ставить вопросы, планировать эксперимент, систематизировать полученные знания, делать выводы и заключения.

- При описании и объяснении явлений должны использоваться модели как аппроксимация. Учащиеся должны понимать ограниченность моделей, при необходимости заменять их и применять новые модели.

Обращение к методологии научного познания не случайно: в условиях динамического роста знаний необходимо выделение и усвоение наиболее устойчивых интеллектуальных продуктов, к ним и относят методы. Они в дополнение к функции средства становятся прямым объектом усвоения.

Содержание физического образования. В образовании по содержанию и структуре нет деления на учебное и научное познание. В деятельности есть единое познание. Такое разделение познания возможно только по цели. Если цели учебные, то какая бы ни была деятельность, познание – только учебное. Иное дело, что сейчас **тенденцией** в освоении учебных предметов **становится практика научного познания** (В. В. Майер и др.), которая сама по себе несет новые ценности. В старшей школе в рамках профилей это может быть профессиональная (трудовая) деятельность. Отсюда можно рассматривать освоение норм научного познания (научной деятельности) всегда в два уровня: а) первый – индивидуальный уровень, с ориентиром на субъективную новизну, что является первичным в обучении, б) второй – социальный уровень, с объективной новизной получаемого продукта. Надо признать, что второй уровень с социальной точки зрения (жизни) – фундаментальный. Оценка новизны всегда социальна, осуществляется всегда в ходе коллективной деятельности, в итоге только она объективна.

Общемировой тенденцией в построении содержания физического образования является повышение удельного веса методологического и методического знания в учебных текстах. Оно играет двоякую роль: во-первых, является необходимым и прямым объектом усвоения, во-вторых, играет роль ориентировок деятельности при усвоении физических знаний. Вот почему в учебниках физики все больше внимания уделяется освоению таких понятий, как модель, гипотеза, научный факт, принцип. Например, в Наффилдовском учебнике уже с самого начала вводится понятие о модели, которое затем широко используется во всех темах.

Уже довольно давно обнаружено, что образовательные системы нуждаются в модернизации примерно раз в 25–30 лет. Обычно это реализуется двумя путями: снятием архаических вопросов, переосмысления и интерпретации содержания. Такая модернизация, прежде всего, содержания позволяет заложить новые нормативные требования, в которых отражаются изменения в деятельности за прошедший период жизни. (Заметим, что темп изменений деятельности только растет.) Фактически это революционный, скачкообразный этап. Он дополняется непрерывным совершенствованием учебного процесса, деятельности преподавателя. Эти два инструмента управления развитием образования дополняют друг друга, не должны подменяться.

Согласование репродуктивного и творческого подходов в обучении. Прежде всего, во всех системах обучения наиболее ярко выделяется и существует устойчивая тенденция нормирования творчества. Но в массовом обучении фундаментальной основой является нормирование репродуктивной деятельности. Все реформы ставят в первую очередь эту задачу. И она весьма сложна, так как затрагивает самые основные и устойчивые образования. Новое время выполняет эту задачу все больше под углом достижений методологии познания и социологии. Если посмотреть на практику освоения репродуктивной деятельности, то она для нужного эффекта с необходимостью требует творчества, эмоционального восприятия, в целом личностно-центрированного обучения. Повсеместно в мире внимание к системам знаний дополняется вниманием к системам деятельности. Идеалом является освоение жестких норм в творческом процессе.

Организация и управление деятельностью школьников. В обучении, как и в целом в жизни, происходит **усложнение деятельности** школьников. Структуре самой деятельности уделяется все большее значение. Должны осваиваться не просто отдельные знания, но структуры знаний, например структура физической теории, структура метода.

Реальная деятельность школьников сложнее любой схемы, любого модельного представления. Она ситуативна, отсюда и индивидуальна, уже поэтому вариативна, а в потенциале – всегда творческая. Создание условий для самостоятельной творческой деятельности школьников – одна из тенденций развития физического образования в мире. При этом важно учесть, что коллективный характер познания и обучения везде сохраняется. Здесь, с одной стороны, усваиваются инвариантные, культурологические по смыслу, знания и деятельность в целом, с другой стороны, формируются такие индивидуальные качества, как коммуникативность, рефлексивность и др. Но дело не только в необходимости успешного усвоения норм индивидуальной познавательной деятельности, на очереди построение и освоение норм групповой интеллектуальной деятельности, где есть разделение труда, что особенно востребовано производством.

Отсюда важная тенденция для всех систем обучения – **сохранения коллективного и индивидуального в обучении.** Личностно-центрированное на ученика образование носит, по сути, по природе, коллективный характер, и без усвоения общих норм, без коллективной деятельности не может быть ни построено, ни освоено. Практика все время воспроизводит здесь противоречия: с одной стороны, востребованы и формируются личные достижения, с другой стороны, в массовом обучении должен быть обеспечен некий уровень качества, который с течением времени только растет.

Деятельность учителя по структуре и содержанию, очевидно, должна постоянно претерпевать изменения. В организации, руководстве и управлении учебными процессами все **большой удельный вес приобретает управление**, управление деятельностью, мышлением, рефлексией, памятью и др. Это общемировая тенденция. Но, чтобы управлять, надо владеть деятельностью управления, знать объект управления – учебную деятельность. Необходимо наладить производство этих качеств (вуз, системы переподготовки, практика). Важно поднять жизнь и качество деятельности учителя в массовой школе, что автоматически создаст давление на элитарную школу. В реальности пока наоборот.

Оборудование образования как социальная задача. Есть материальная составляющая инструментария-оборудования образования, но есть и духовно-интеллектуальная составляющая, которая может быть рассмотрена как сторона оборудования. С оборудованием физических кабинетов страны дело обстоит плохо, хотя задача эта не простая. Она требует государственного подхода в определении содержания и организации. Одноразово это сделать невозможно. В массовой школе должна быть унификация оборудования кабинетов, должны быть поставлены процессы замены (ремонта) приборов и др. Стиль современного физического мышления заключен и в эстетике оборудования, в действиях с ним.

Интеллектуальное обеспечение всех процессов обучения, в том числе экспериментирования, ещё более трудная задача. Её инженерия – педагогическая. Здесь, с одной стороны, необходима работа с системами физических знаний, Так, физические явления не стареют, но со временем могут стареть их представления и описания. И это должно быть выяснено и задано. Но гораздо важнее подготовка такого ресурса обучения, как учитель. Он является ве-

душим в создании интеллектуальной атмосферы на уроке, он режиссер, поэтому он учит, а не оборудован.

Для практики обозначенные тенденции позволяют выделить следующие задачи методики обучения физике ближайшего будущего:

- Построение новых норм на основе современной методологии по всему спектру методики обучения физике (науковедение, учебная физика, практика обучения, дидактические исследования).
- Демократизация отношений субъектов образования, взаимопомощь, консультирование в рамках учебного процесса; отсюда разнообразие форм деятельности.
- Переход на новое содержание образования, которое в большей мере представлено содержанием процессов деятельности; переход на новые формы представления содержания образования; согласование целей изучения природы и усвоения науки.
- Ориентир в содержании образования на методы деятельности, отсюда и практика обучения сдвигается на деятельность при решении разных задач (теоретических и экспериментальных) с определенной логикой (нормой) физического познания.
- Освоение экспериментирования как нормы в массовом физическом образовании.

1.4. Проблема использования современной методологии познания для развития физического образования

Для развития методики обучения физике и модернизации практики обучения физике, по нашему мнению, одним из ведущих ресурсов в настоящее время является методология познавательной (и шире – образовательной) деятельности (см. полнее [108]). Для этого сейчас сложились все условия: в образовательном стандарте физического образования выделены требования по изучению метода научного познания, подготовлено несколько учебников, ориентированных на освоение метода научного познания и соответствующих знаний [136–139, 140–144], сформировалась большая группа методистов-физиков, которые настойчиво внедряют вопросы методологии познания в практику обучения (В. Г. Разумовский, В. А. Орлов, Ю. А. Сауров, В. В. Майер, А. Н. Малинин, И. И. Нурминский, Г. Г. Никифоров, С. В. Бубликов, А. А. Никитин и др.). Но главное, ориентир промышленной и социальной политики государства на экономику знаний делает актуальным усвоение элементов методологической культуры в обучении физике. Эффективно познавать и преобразовывать мир можно только на фундаменте методологии (см. подробнее аргументы: [1, 4–9, 13–16, 24, 26, 36–37, 40–47, 63–65, 68–70, 78–84, 92–99, 102–110, 115–146, 152–163, 166–169, 171–177, 182, 185, 187–188, 205]).

Выделим некоторые теоретические положения методологии, востребованные в процессах обучения физике.

- В первом приближении методологию определяют как учение о методах научного познания. Для методологии деятельность первична, отсюда первичны метод познания, процедуры исследования, а знания (системы знаний) как образования деятельности – вторичны. Со времен Галилея познавательная деятельность в физике удачно задается через метод познания. Сейчас в обучении отношение к методу познания как основному объекту содержания образования – наиболее яркое, перспективное направление совершенствования нашего образования. Эта тенденция носит стратегический характер. Проблема только одна – точное, эффективное задание методических решений.
- Методология однозначно определяет в качестве фундаментальной коллективную познавательную деятельность. Отсюда для процессов обучения, в частности, весьма важна

организация совместных теоретических и экспериментальных физических исследований в рамках учебной деятельности школьников. Именно в этом процессе присваиваются нормы современного мышления и мировоззрения. Но этот процесс должен быть методически организован под усвоение верно заданных норм.

- В образовании главным и конечным продуктом освоения методологии познания является **нормирование результатов учебной деятельности (знаний, мышления, мировоззрения) и освоение этих новых норм**. В массовом физическом образовании успех зависит не только от качества задания норм (учебник, диагностики и др.), но и от процедур учебной деятельности на уроке и дома. Они тоже нормируются под углом зрения методологии. Для изменения этой деятельности нужны целевые (жестко направленные) и коллективные усилия большого числа специалистов, нужны государственные программы организационной и научно-методической деятельности.

Приведем практические методические решения, инициируемые положениями методологии познавательной деятельности.

1. Совершенствование теории и практики обучения физике, несомненно, связано с выработкой и заданием в разных формах **новых норм учебной деятельности**. Хотя старение учебных систем знаний как закономерность зафиксировано давно, но осознанно проектирование новых систем учебных знаний нового поколения начато сравнительно недавно. «Опыт рода», прежде всего, формулируется и транслируется в знаниях. Это не только знания о природе и знания о процедурах научной деятельности, в частности знания о методе. Это и сама познавательная деятельность, в том числе творческая. Сейчас внимание к процедурам деятельности, к их освоению растет, не случайно в системе физических знаний усиливается внимание к методу познания. И сами процедуры деятельности, что ново и принципиально, задаются средствами содержания учебника [136–144].

В учебниках физики все чаще прямо задается норма научного познания, которая известна под названием «принцип цикличности». Он представлен следующей логикой организации познавательной деятельности: «факты, проблема – гипотеза, модель – следствия – эксперимент, практика» (В. Г. Разумовский, 1972). В явной и неявной форме эта норма познания конкретизируется для двух ведущих видов учебной деятельности – экспериментирования и моделирования.

2. Для организации современной по структуре и содержанию учебной деятельности в 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.

3. В обучении физике должен быть найден **баланс учебной деятельности с объектами науки (знаниями) и объектами природы, точнее – ноосферы** (по В. В. Майеру). В 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 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 или 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 [141–144]. Приведем два примера.

А. 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 ставя опыт, ответить на поставленный вопрос нельзя!

Подчеркнем, что условием проведения экспериментов является быстрое установление сравнительно небольшой скорости падения воронки из-за большой площади её поверхности соприкосновения с воздухом.

Б. 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.

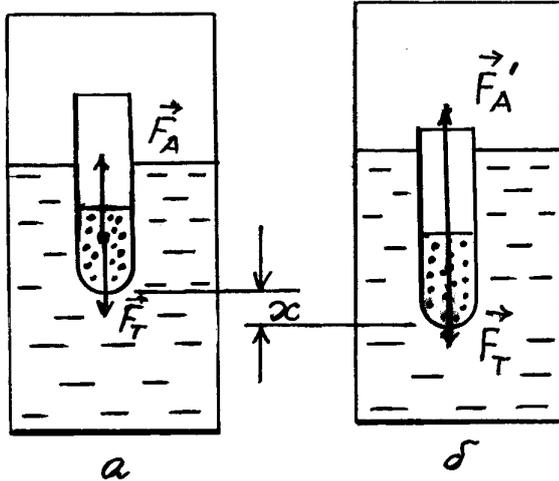


Рис. 1.13

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. 1.13а). 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. 1.13б).

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 «присоединенной» 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 $T_s = \frac{t}{N}$ существенно больше периода

ее колебаний, рассчитанного по формуле: $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\rho Sg}}.$

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»; использовать при проведении экспериментальных исследований логики по схеме «условия – результат – анализ – теория»;

- **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.

4. **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 метода научного познания. Необходим более широкий взгляд на саму задачу и процедуры работы с ней. Следуя пособию [107], назовем важные, с точки зрения методологии, положения методики деятельности с задачей.

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.**

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 методы 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.

Считаем необходимым построение новых видов учебных задач (задач с **новыми функциями**), например задач с **методологическим содержанием**. Приведём некоторые образцы таких заданий. Их практическое значение выражено и в том, что они все чаще используются в ЕГЭ.

- 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. 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. Как без проведения эксперимента доказать следующую гипотезу: я могу свободно сдвинуть с места шкаф с книгами? Всегда ли для доказательства гипотезы удобно использовать экспериментальный метод? Приведите в качестве аргументов примеры.

- На использование **аналогии** как приема научного познания. Например. Мальчик из кинофильма «Матрица» говорит Нео: «Не пытайся согнуть ложку. Её не существует». Можно ли аналогично утверждать: не пытайтесь потрогать массу, её нет? Не пытайтесь подышать идеальным газом – его нет? (*С объектами науки надо работать как с объектами науки, а не как с реальными предметами.*)

- На различные аспекты **построения научного знания**: структура теории, виды знания, функции знания и др. Например, обсуждаются вопросы: Чем отличается наблюдение от эксперимента? (*Наблюдение – изучение происходящих явлений в природе, эксперимент – это искусственное производство физического явления.*) Какие источники физических знаний вам известны? (*Наблюдения, эксперименты, теоретическая деятельность.*) 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 выделял 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 сколь-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? (*Рост научных учреждений, числа ученых, числа научных работ, открытие новых законов и теорий*). Каковы основные закономерности (черты) развития физики? (*Социально-культурная обусловленность возникновения знания, периоды эволюционного и революционного развития, абсолютность и относительность знания, поступательное развитие научного знания, выделение фундаментального и прикладного знания, рост влияния научного знания на практику, процессы интеграции и дифференциации знания, усиление ведущей роли теоретического знания, возрастание роли методологического знания*).

- 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? (*Эксперимент с идеальными объектами или явлениями на основе системы теоретических правил или теории, эксперимент без погрешностей, теоретическое моделирование по этапам физического эксперимента, логический эксперимент над понятиями, законами, представлениями и т. п.*)

- На **отделение объектов природы от объектов науки**, т. е. 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 неприменима 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. Примеры: 1. П. Капица писал: «Получение, преобразование и консервирование энергии и есть фундаментальные процессы, изучаемые физикой» (Капица П. Л. Энергия и физика // *Природа*. 1976. № 2. С.70–77). С помощью конкретных примеров докажите справедливость этого утверждения. 2. Согласно распространенной модели Вселенной «Большой взрыв» время её существования оценивают в 10^{10} лет. Оцените размеры пространства Вселенной сейчас. (Подсказка: следует учесть, что, согласно современным представлениям, скорость распространения материальных процессов не может быть больше скорости света.)

- На комплексное **исследование физического объекта**: разные явления, разные средства описания и др. Например: опишите все физические свойства предложенного объекта (карандаша).

5. Процедуры-регламенты деятельности преподавания для освоения новых норм деятельности. За последние 10–15 лет предприняты 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?

- 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 покоящемся 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 природе? Можно ли считать движение автомобиля при торможении инерциальным движением?

6. 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. В настоящее время 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) растет 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 остается много, но это понятные и решаемые проблемы роста, движения вперед (см. полнее [1, 162–163, 166–169]).

Общие выводы. Во-первых, в методике обучения физике усилиями старшего поколения методистов (В. Г. Разумовский, В. В. Мултановский, А. А. Пинский, И. И. Нурминский, В. Н. Мощанский, А. В. Усова и др. [92–94,

101, 110, 121–136]) накоплены идеи и конкретные методические решения по освоению методологии физического познания. Во-вторых, на сегодняшнем этапе реформирования образования есть все предпосылки развернуть широкое формирование элементов методологической культуры при изучении физики в массовой школе. В-третьих, освоение методологии познавательной деятельности учителями, студентами и школьниками может существенно повысить интеллектуальную привлекательность физики, будет способствовать не только личностному развитию субъектов образования, но и активизирует все стороны развития физического образования.

*

*

*

В главе определено идейное основание для выделения качеств «опыта рода» как транслируемых в обучении норм культуры и организации воспроизводства нужной деятельности в системах физического образования ближайшего будущего – методология образовательной деятельности. Она помогает выделить стратегические решения по развитию физического образования.

Глава 2. Воспроизводство деятельности и проблема построения содержания физического образования

В историческом прогрессе развития новые поколения не начинают познание с самого начала... они получают готовую теорию и должны овладеть ею в соответствии с законами теории познания.*

В. В. Мултановский

Деятельность как категория – самое общее обозначение способа (процессов, результатов) существования человечества. В обучении центральная задача – воспроизводство современной деятельности – находит выражение в выделении и освоении «опыта рода» через содержание образования.

2.1. История физики как источник содержания образования

В самом широком смысле опыт деятельности формируется в деятельности, а отбирается для воспроизводства в школах с точки зрения природосообразности и культуросообразности. История науки в этих процессах – немаловажный фактор.

Проект нового стандарта образования ориентирует на становление таких личностных характеристик ученика, как «– творчески и критически мыслящий, активно и целенаправленно познающий мир, осознающий ценность науки, труда и творчества для человека и общества, мотивированный на образование и самообразование в течение всей своей жизни; – владеющий основами научных методов познания окружающего мира, мотивированный на творчество и современную инновационную деятельность...» (Проект ФГОС Президиума РАО. М., 2011).

Для реализации этих требований необходим целый комплекс взаимосвязанных мероприятий, в основе которых разработка соответствующего современным требованиям содержания образования. Под содержанием образования мы понимаем не только программы и учебник, но и *весь опыт деятельности ученика*. *Объектом изучения* физики, как и всех естественных наук, является не учебник и содержащиеся в нем формулировки и формулы, а *явления природы* на основе уже известных законов и *целью обучения* являются не только знания и умение решать задачи по заданным данным, а приобретенный *опыт самостоятельной познавательной и творческой деятельности* на основе сознательного применения научного метода познания. При этом базовую науку следует рассматривать как неотъемлемую часть человеческой культуры, востребованной в условиях современности (см. полнее [132]).

1. Развитие физики как науки в современном понимании смысле этого слова началось в XVII в. и связано, в первую очередь, с именем Г. Галилея, который считал, что причина явлений может быть иной, отличной от той, которая кажется при наблюдении. В качестве инструментов исследования он ввел *ги-*

* Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. М.: Просвещение, 1977. С. 19.

потезу, которая является обобщением наблюдений, и математику для ее полной формализации. Это позволило точно характеризовать явления измерением величин и, развивая гипотезу логическим путем, предвидеть ход явлений и проверять предвидения экспериментально. Благодаря такому методу Галилей установил закон инерции, законы свободного падения, движения тела по наклонной плоскости и тела, брошенного под углом к горизонту, и ряд других законов.

Считая Г. Галилея основателем научного метода познания, историк развития физики Марио Льюцци так описывает суть метода: «Такая личность, как Галилей, движимый столь разнообразными побуждениями, столь свободный от груза традиций, не может быть втиснута в какую-то жесткую схему. Но всё же во многих изысканиях Галилея можно, пожалуй, выделить четыре момента. Первая фаза – восприятие явления, **чувственный опыт**, как говорил Галилей, привлекающий наше внимание к изучению определенной частной группы явлений, но еще не дающий законов природы. Методу Галилея была, очевидно, чужда та точка зрения, что наш разум покорно воспринимает от внешнего мира научные знания, т. е. что опыт – это всё и в нем всё содержится. За чувственным экспериментом Галилей переходит, как он говорил, к **аксиоме**, т. е., согласно современной терминологии, к рабочей гипотезе. В этом центральный момент открытия, возникающий из внимательного критического рассмотрения чувственного опыта путем творческого процесса, сходного с интуицией художника. Далее следует третья фаза, которую Галилей называл *математическим развитием*, т. е. нахождением логических следствий из принятой рабочей гипотезы. Но почему математические следствия должны соответствовать данным ощущений? *«Потому что наши рассуждения должны быть о чувственном мире, а не о бумажном мире»*. Таким образом, мы дошли до четвертого элемента галилеева эксперимента – **опытной проверки** как высшего критерия всего пути открытия. **Чувственный опыт, рабочая гипотеза, математическая разработка и опытная проверка** – таковы четыре фазы исследования явления природы, которое начинается с опыта и к нему возвращается, но не может развиваться без обращения к математике» (Льюцци Марио. История физики. М.: Изд-во Мир, 1970. С. 80–81).

Такое историческое знание вполне соответствует современному определению научного метода познания. В современном словаре Вебстера* научный метод изложен так: «Научный метод – это метод исследования, в котором определена проблема, собраны относящиеся к ней данные, на основе данных сформулирована гипотеза, и эта гипотеза эмпирически проверена».

Последователь Г. Галилея Исаак Ньютон не просто плодотворно пользовался научным методом, но и развил его, увидев в нем не только этапы познания, но и стратегию исследования природы.

Он писал: «... Вся трудность ФИЗИКИ, как будет видно, состоит в том, *чтобы по явлениям движения распознать силы природы*, а затем по этим силам **объяснить остальные явления** (курсив мой – В. Р.). Для этой цели предназначены общие предложения, изложенные в книгах первой и второй. В третьей же книге мы даем пример вышеупомянутого приложения, объясняя систему мира, ибо здесь из небесных явлений, при помощи предложений, доказанных в предыдущих книгах, математически выводятся силы тяготения тел к Солнцу и отдельным планетам. Затем по этим силам, также при помощи математических предложений, выводятся движения планет, комет, Луны и моря. **Было бы желательно вывести из начал механики и остальные явления природы** (курсив мой – В. Р.) рассуждая подобным же образом, ибо многое заставляет меня предполагать, что все эти явления обуславливаются некоторыми силами, с которыми частицы тел, вследствие причин покуда неизвестных, или

* Scientific meth'od, Webster's Encyclopedic Unabridged Dictionary of the English Language, 1994. P. 1279.

стремятся друг к другу и сцепляются в правильные фигуры, или же взаимно отталкиваются и удаляются друг от друга. Так как эти силы неизвестны, то до сих пор попытки ФИЛОСОФОВ объяснить явления природы и оставались бесплодными. Я надеюсь, однако, что или этому способу рассуждения, или другому, более правильному, изложенные здесь основания доставят некоторое освещение»*.

В этих словах И. Ньютона нужно видеть убежденность в **научной познаваемости мира**, тактику научного исследования и стратегическую устремленность к раскрытию **научной картины мира** и видение **величайшей ценности научного метода познания**. Дальнейшим ходом истории развития научных знаний «надежда» И. Ньютона на способность метода раскрыть движущие силы явлений природы вполне оправдались. Современная физическая картина мира представляется благодаря обобщениям фундаментальных теорий, которые охватывают и раскрывают законы экспериментально открытых форм движения материи. Соответственно в физике выделяют: механику материальной точки и твердого тела, механику сплошных сред (включая акустику), термодинамику и статистическую механику, электродинамику (включая оптику), теорию тяготения, квантовую механику и квантовую теорию поля.

Развитие научного знания исторически в общих чертах происходило научным методом, в соответствии с тактикой и стратегией исследования, обозначенной И. Ньютоном: «...**по явлениям... распознать силы природы**, а затем по этим силам **объяснить остальные явления**!»

2. Однако новый опыт фундаментальных открытий в физике на рубеже прошлого и позапрошлого столетий привел ученых к коррективам и дальнейшему **развитию научного метода познания**. Эти коррективы были связаны с принципиально новыми открытиями явлений, которые не укладывались в рамки привычных механических моделей. А. Эйнштейн уточнил метод научного познания, придав ему универсальную форму. Именно ему и ряду других выдающихся ученых удалось решить проблемы, которые были камнем преткновения для развития физики в начале прошлого столетия.

Во-первых, стал ясным *приоритет экспериментальных данных над гипотезой*, а также *ограниченный и вспомогательный характер последней*. Успехи в разработке квантовой теории и теории относительности об этом свидетельствуют.

Во-вторых, новые открытия показали *циклический характер развития теории*, когда каждый новый экспериментальный факт, согласующийся с ней, *усиливает ее познавательный потенциал*. И наоборот, как показала история науки, новый экспериментальный факт, логически не укладывающийся в данную теорию, противоречащий данной теории, служит основанием для выдвижения новой гипотезы и иногда основанием для начала возникновения и развития цикла новой теории.

О влиянии новых экспериментальных фактов на изменение исходной теоретической модели говорил М. Планк: «Первый повод к пересмотру или изменению какой-нибудь физической теории почти всегда вызывается установлением одного или нескольких фактов, которые не укладываются в рамки прежней теории. Факт является той архимедовой точкой опоры, при помощи которой сдвигаются с места даже самые солидные теории. Поэтому для на-

* Ньютон Исаак. Математические начала натуральной философии / пер. с лат. и коммент. А. Н. Крылова. М.: Наука, 1989. С.3.

стоящего теоретика ничего не может быть интереснее, чем такой факт, который находится в прямом противоречии с общепризнанной теорией: ведь здесь, собственно, и начинается его работа. Как нужно поступать в таком случае? Несомненно одно: в существующей теории нужно произвести изменения таким образом, чтобы она оказалась в соответствии с установленным фактом» (Планк М. Единство физической картины мира. М., 1966. С. 73).

В-третьих, стало ясно, что в процессе познания переходы от чувственно-го восприятия изучаемых явлений к их обобщениям и, обратно, от теоретических выводов к проверочным экспериментам, к использованию теории на практике не происходят *путем логических выводов*, они требуют *интуиции, догадки, творческого воображения*.

А. Эйнштейн показал, что выдвижение научных гипотез основывается на эмпирически открытых явлениях, но понятийная связь между ними устанавливается интуитивно, путем предположительной догадки-гипотезы. Из гипотезы логически, дедуктивно выводятся следствия, которые расширяют научное знание, но требуют экспериментальной проверки, поскольку аксиома-гипотеза является продуктом догадки. Точно так же экспериментальный способ проверки теоретического вывода требует *интуиции, находится как догадка*, своего рода изобретение. Свои доводы А. Эйнштейн иллюстрирует известной схемой циклической связи экспериментальных данных – эмпирических открытий новых явлений, аксиом-гипотез – теоретических выводов и проверяющих экспериментов [181, с. 569–570].

В-четвертых, эмпирические открытия новых явлений нельзя считать чисто случайными. Их поиск, как правило, происходит во имя мысленного построения научной картины мира. Как об этом писал А. Эйнштейн, «общие положения, лежащие в основе мысленных построений теоретической физики, претендуют быть действительными для всех происходящих в природе событий. Путем чисто логической дедукции из них можно было бы вывести картину, т. е. теорию всех явлений природы, включая жизнь, если этот процесс дедукции не выходил бы далеко за пределы творческой возможности человеческого мышления. Следовательно, отказ от полноты физической картины мира не является принципиальным. Отсюда вытекает, что высшим долгом физиков является поиск тех общих элементарных законов, из которых путем чистой дедукции можно получить картину мира. К этим законам ведет не логический путь, а только основанная на проникновении в суть опыта интуиция» (там же, с. 40).

На различную роль логики и интуиции указывали и другие великие ученые. В частности, А. Пуанкаре писал: «В самой науке интуиция остается, за исключением нескольких привилегированных умов, главным инструментом изобретения, в то время как анализ все более стремится стать единственным законным инструментом доказательства...» (Пуанкаре А. Избранные труды. Т. 3. М., 1974. С. 660). Аналогично высказывался и М. Борн: «...я не вижу, чтобы аналитическое предсказание в науке сильно отличалось от той повседневной процедуры, без которой мы не могли бы жить и благодаря которой мы ожидаем, что образ, указанный по немногим критериям, является полным и обладает всеми другими свойствами, характерными для него. Однако синтетическое предсказание базируется на гипотетическом предположении о том, что реальный образ частично известного явления отличается от того, каким он кажется. Если, будучи подтверждено экспериментом, это предсказание дает новое знание, то, хотя в его основе лежит гипотеза, это законный метод. Но его удача в высокой степени *зависит от интуиции...*» (Борн М. Физика в жизни моего поколения. – М., 1963, с. 144–145). Де Бройль тоже давал характеристику двум видам мыслительной деятельности в научном творчестве: «Сила строгой дедукции в том, что она может идти почти абсолютно уверенно и точно по прямой дороге, но слабость ее состоит в том, что исходя из совокупности постулатов, рассматриваемых ею как несомненные, она может извлечь из них лишь то, что в них уже содержится... Великие открытия, скачки научной мысли вперед создаются ин-

дукцией, рискованным, но истинно творческим методом» (Де Бройль Л. По тропам науки. М., 1962. С. 145).

Таким образом, становится ясным, что источником новой теории являются новые экспериментальные данные, осмысленные интуитивно выдвинутой гипотезой, нетривиальные выводы из которой подтверждаются экспериментально.

3. Фундаментальные эмпирические открытия – начало изучения новых явлений и развития теорий этих явлений. Об открытии таких фундаментальных открытий и их решающем значении в развитии теорий, а также о непрерывном развитии научного знания очень ясно сказал П. Л. Капица.

Он писал: «Сейчас я хочу остановиться на тех областях науки, которые, как можно предполагать, будут заново возникать в будущем. Тут прогнозы можно делать исходя из разных предпосылок. Я предполагаю это сделать по принципу экстраполяции и поэтому начать рассмотрение с оценки количества новых явлений природы, которые были открыты наукой в течение прошедших лет. Я хочу оговориться, что выражение «новое явление» я прилагаю к такому физическому явлению, которое нельзя ни полностью предсказать, ни объяснить на основе уже имеющихся теоретических концепций, и поэтому они открывают новые области исследований. Чтобы сделать предложенную экстраполяцию более ясной, я назову главные, основные новые явления в физике, которые были открыты за последние сто пятьдесят лет.

Прежде всего, я хочу назвать открытие Гальвани в 1789 г. электрического тока, которое, конечно, никак не вытекало из существовавших тогда теоретических концепций о природе электричества, в основном созданных Франклином.

Следующее открытие, подходящее под данное определение, – это открытие Эрстедом в 1820 г. влияния электрического тока на магнитную стрелку. С нашей точки зрения, сделанное позже открытие Фарадеем электромагнитной индукции не является новым, так как электромагнитная индукция по своему существу представляет собой явление, обратное открытому Эрстедом, и, таким образом, в то время его можно было предвидеть. Работы Эрстеда и Фарадея привели к закону Ленца, к уравнениям Максвелла и к ряду других фундаментальных выводов, но все они были разработкой основного открытия Эрстеда, предсказать которое на теоретической основе было совершенно невозможно.

Следующий пример нового явления — внешний фотоэффект, открытый в 1887 г. Герцем. Это явление также невозможно было предвидеть теоретически. На основе изучения фотоэффекта 18 лет спустя вывел свои знаменитые уравнения Эйнштейн, определивший квантовую природу этих явлений. Принцип неопределенностей и квантовая теория были предопределены открытием фотоэффекта, и все замечательные научные разработки этого явления составляют лишь дальнейшую методическую работу.

Затем можно назвать открытие Беккерелем в 1896 г. радиоактивности (которую также нельзя было предугадать на основе существовавших тогда теорий), заложившей начало ядерной физики. Далее, обнаружение Томсоном электрона тоже можно рассматривать как открытие нового явления, заложившего основание современной электроники. Эксперимент Майкельсона и Морли, поскольку он дал результат, который нельзя было предвидеть теоретически, тоже можно назвать открытием новых явлений, установивших основные принципы теории относительности. Нельзя было предугадать открытие Гессом в 1919 г. космических лучей. Я полагаю, что нужно отметить как новое открытие также деление урана, сделанное Мейтнер и Ганом.

Что типично для всех этих открытий? Прежде всего ценность их осознавалась полностью лишь через 20–30 лет, когда становилось понятным, что они не могут быть объяснены научными взглядами того времени, и поэтому под их влиянием менялись и развивались новые направления в основных теоретических концепциях.

Возможны ли подобные открытия в будущем? Исчерпаны ли в настоящее время все физические открытия в природе? Есть ли еще такие фундаментальные новые явления в природе, которые ждут своего открытия?

Если построить кривую и по горизонтальной оси отложить время, а по вертикальной – число открытий и если добросовестно рассмотреть эту кривую открытий, то мы увидим, что она не имеет тенденции падать к нулю. Поэтому, экстраполируя эту кривую, мы видим, что в ближайшем будущем мы будем свидетелями еще не одного не менее важного и «нового» открытия, чем только что перечисленные. Они позволят еще глубже понимать окружающую нас природу и предоставят в распоряжение людей новые возможности для роста нашей культуры. Обычно можно видеть, что люди склонны считать, что они уже знают о природе все, что можно знать. Так было всегда. Достаточно почитать труды современников Ньютона, чтобы видеть, что и тогда многие считали, что с открытием классических законов механики закончено познание мертвой природы. Хотя это часто и противоречит нашему субъективному ощущению, но мы не должны впредь делать ту же ошибку — считать, что в будущем новых открытий не будет сделано» [38, с. 261–263].

Таким образом, открытие новых явлений, необъяснимых существующей теорией, становится началом развития новой теории. Поскольку материальный мир и мир идей в науке взаимосвязаны, но логически не вытекают один из другого, постольку методы исследования делятся на экспериментальные и теоретические. Благодаря последним разрабатывается вполне логическая индуктивно-дедуктивная структура научного знания. Законы и принципы вводятся индуктивно, а из них выводятся следствия, проверяемые экспериментально и используемые в практической деятельности человечества. Затем научное знание систематизируется в различных хранилищах научной информации: в научных трудах, учебниках, справочниках и т. д.

4. Основными методами теоретических исследований в физике в зависимости от вида гипотезы являются: метод *принципов*, метод *математических гипотез* и метод *модельных гипотез* (С. И. Вавилов)*.

Метод принципов (принцип – от лат. *principium* – основополагающее первоначало, предпосылка) состоит в предположении о том, что установленная на конкретном опыте связь явлений является общей для всех подобных явлений и выражается определенным правилом. Так, на основе наблюдений за движением шарика по наклонной и горизонтальной плоскости Г. Галилей выдвинул гипотезу – принцип инерции: *всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние*. Этот принцип оказался справедливым по отношению ко всякому механическому движению и поэтому вошел в качестве первого закона в систему законов механики.

Закон сохранения энергии, экспериментально доказанный для ограниченного круга явлений и подтвержденный многовековой человеческой практикой, принимается в качестве незыблемого принципа, выполняющегося с полной точностью во всякой замкнутой физической системе. Точно так же обобщается факт односторонности перехода теплоты от нагретого тела к холодному, являясь основой второго начала термодинамики. Принципы играют в физике ту же роль, что и аксиомы в геометрии, из которых в применении к конкретным физическим задачам делаются логические выводы. Наряду с этими принципами существуют принципы *дополнительности, соответствия, неопределенностей*, которые не только определили успехи современной физики, но и повлияли на развитие философской мысли, на развитие мировоззрения человечества.

В основе *метода математических гипотез* лежит предположение о том, что установленное в конкретном опыте математическое соотношение величин является общим для всей совокупности изучаемых явлений. Исследователь делает из него ряд логических выводов и сверяет их с результатами экспериментов. Если теоретический расчет в пределах погрешности измерений совпадает с экспериментом, то можно считать, что аксиома-гипотеза не опровергается опытом.

* Вавилов С. И. Собр. соч. Т. III. М., 1956. С. 152.

Таким образом, метод математических гипотез состоит в экспериментальном установлении зависимости величин в виде формулы и в предположении, что эта формула выражает общую взаимосвязь сходных явлений.

В своих исследованиях, проводимых в основной школе, вы устанавливали на конкретных опытах функциональную зависимость величин, характеризующих те или иные явления. Математические гипотезы, проверенные опытом и подтвержденные многовековой практикой, из гипотез перешли в разряд законов природы.

Метод модельных гипотез состоит в замене изучаемого объекта его упрощенной моделью (модель – от лат. *modulus* – образец). Он является одним из важных теоретических методов исследования явлений природы. К этому методу прибегают тогда, когда изучаемое явление в силу его сложности или недоступности для непосредственного наблюдения заменяется чаще всего его предположительной мысленной картиной. Модель явления или объекта может быть так или иначе выражена в виде словесного описания, рисунка, схемы, кино- или компьютерной анимации, иногда модель изготавливают в виде механического устройства. Моделирование явлений помогает абстрагироваться, отвлекаться от всего несущественного и выделять главное. Например, при изучении механического движения и взаимодействия тел мы говорим не о конкретных телах, а о материальных точках. Изучая условия равновесия тел, имеющих закрепленную ось вращения, мы оперируем моделью, в которой существенны только приложенные силы и плечи действующих на тело сил.

Часто модель помогает не только объяснить явление, но и предвидеть, как оно будет происходить в других условиях. Например, модель дискретного строения вещества помогает понять причину перехода вещества из одного состояния в другое, а также объяснить различные свойства одного и того же вещества в газообразном, жидком и твердом состоянии. Нередко удачно построенная модель объекта или явления берется в качестве основы для *теории* изучаемой группы явлений.

В теорию, кроме моделей, входят описание явлений, понятия и величины, эмпирические законы, гипотезы, теоретические выводы, результаты экспериментов, методы исследования и методы применения научных достижений на практике.

5. Экспериментальные методы исследования классифицировать сложно, поскольку они совершенствуются стремительно и зависят от изменяющихся техники и технологии, которые в свою очередь зависят от научных достижений. Эффективность внедрения их в производство такова, что на открытиях, сделанных на его основе в естественных науках за три столетия, базируются почти все современное производство и вся научно-техническая культура современного человечества.

6. Обобщенные представления о строении и движении материи, основанные на фундаментальных достижениях науки и дающее объяснение явлений окружающего мира, называются *физической картиной мира*.

Физическая картина мира в своем историческом развитии влияет на формирование мировоззрения людей. На разных этапах развития науки делались попытки построить единую физическую картину мира. На начальном этапе развития физики успехи механики были так велики, что ученым одно время казалось, что на ее основе удастся создать *обобщенное представление о строении и движении материи* – универсальную модель из движущихся материальных точек, механически взаимодействующих между собой, – *единую механическую картину мира*, которая давала бы объяснение всем наблюдаемым явлениям природы. Однако после открытий Фарадея и Максвелла стало ясно, что материя существует не только в виде вещества, образующего различные тела, но также в виде электромагнитного поля, которое образуется вокруг движущихся заряженных частиц вещества. Стало ясно, что модели явлений, используемые в механике, для объяснения электромагнитных явлений неприменимы. Ученые поняли, что не только заряды и частицы, но и поле между ними существенно для описания и объяснения электромагнитных явлений. Оказалось, что электромагнитное взаи-

модействие частиц и полей так же распространено в природе, как и гравитационное взаимодействие. Оно действует внутри атомов и молекул, оно также действует и в космосе. Явления электромагнитного взаимодействия мы постоянно наблюдаем, когда встречаемся с силами упругости и силами трения, с электризацией тел, когда используем радио и телевидение, когда греемся у костра или в лучах Солнца. На определенном этапе развития науки были попытки свести все наблюдаемые явления, в том числе и механические, к электромагнитным взаимодействиям. Однако единой электромагнитной картины мира также не получилось, как не получилось и единой механической картины. По-видимому это проблема непрерывного развития научного знания.

Модели-гипотезы и научная картина мира. Анализ истории развития науки говорит о том, что в отношении опыта и теории дело обстоит по-разному. Наиболее устойчивыми в науке являются установленные на опыте факты, величины, закономерности и законы. Модели и теории не так устойчивы и неизменны в науке. Например, законы отражения света были известны еще в III в. до н. э. и описаны древнегреческим ученым Евклидом, в том же веке был открыт Архимедом его всем известный закон. Все эти законы справедливы по сей день и широко используются в теории и на практике. За это же время сменилось множество различных моделей явлений и теорий. В частности, вам известны корпускулярная, волновая и квантовая модели света и соответствующие им теории. Почему так происходит? Почему с развитием науки происходит замена моделей одних и тех же явлений и соответствующее изменение теорий? Причина в том, что никакая модель явления не может быть вполне адекватной, тождественной самому изучаемому явлению. Модель верно отражает лишь самую существенную для исследователя сторону изучаемого явления. Поэтому любая модель и построенная на ее основе теория имеют *границы применимости*. Например, известно, что И. Ньютон придерживался корпускулярной модели света и объяснял, например, законы отражения света по аналогии с отскакиванием бильярдного шара от борта стола. Однако попытки применить эту модель к объяснению других явлений встретились с трудностями. Открытие явления интерференции и дифракции света привело к победе сторонников волновой теории света. Благодаря теоретическим исследованиям Максвелла была установлена электромагнитная природа световых волн. Но и эта модель света оказалась ограниченной в применении. На основе этой теории не удалось объяснить особенности распределения энергии по длинам волн в излучении абсолютно черного тела. Не удалось также объяснить особенности фотоэффекта. Эта неудача послужила толчком для создания квантовой теории.

Новая теория в определенной мере становится преемственной по отношению к старой теории. В 1923 г. один из создателей квантовой теории Н. Бор сформулировал постулат, который был назван *принципом соответствия*. Этот принцип получил в физике расширенное толкование и состоит в том, что всякая новая теория, расширяющая область применения в сравнении со старой теорией, должна включать старую теорию как предельный случай.

Наряду с физическими теориями в современную научную картину мира входит прикладной аспект физики. Это обусловлено особенностью происходящей научно-технической революции: промежуток времени от момента научного открытия до его эффективного внедрения в производство резко сократился и, следовательно, научно-техническое творчество стало непосредственным двигателем экономического прогресса. Например, для внедрения фотографии потребовалось 112 лет, телефона – 56 лет, радио – 35 лет, локатора – 15 лет, телевидения – 12 лет, транзистора – 5 лет. А теперь многие научно-технические отрасли развиваются совместно и неразделимы.

Итак, анализ научного здания физики в ее историческом развитии показывает ее громадную общекультурную ценность, большой воспитательный, образовательный и развивающий потенциал. Обучение физике позволяет формировать ценностное отношение к науке, научным открытиям, к методу научного познания и методам исследования, которые направлены на благо развития человеческого общества. Систематизация научных открытий служит раскрытию научной картины мира и формированию научного мировоззрения. Научный метод познания и методы исследования явлений природы служат ориенти-

ровочной основой самостоятельной познавательной деятельности и дают возможность для развития познавательных и творческих способностей личности школьника. И важно в полной мере освоить в практике обучения эти фундаментальные ресурсы учебного предмета.

2.2. Основные источники, факторы и механизмы построения содержания физического образования*

Цели и ценности физического образования. При создании культуросообразного образования *физике принадлежит уникальная роль*. Это связано с тем, что физика является фундаментальной наукой, изучающей наиболее общие закономерности явлений природы, свойства и строение материи, законы ее движения. В силу фундаментальности своих законов, принципов и теорий физика является *интеллектообразующим* предметом.

Физика – *экспериментальная наука*, изучающая природные явления опытным путем. Построением теоретических моделей физика даёт объяснение наблюдаемых явлений, формулирует физические законы, предсказывает новые явления, создаёт основу для применения открытых законов природы в человеческой практике.

Школьный курс физики является *системообразующим* для естественных учебных предметов, так как физические законы лежат в основе содержания курсов химии, биологии и астрономии.

В современном мире роль физики непрерывно возрастает, так как *физика является основой научно-технического прогресса*.

Физика изучает количественные закономерности природных явлений и относится к точным наукам, но физика имеет громадный *гуманитарный потенциал*. По словам лауреата Нобелевской премии И. Раби, физика составляет «сердцевину гуманитарного образования нашего времени» (*From the address of I. I. Rabi at AAAS meeting of Educational Policies Commission, 27 December 1966, Washington, D.C.*).

Источники содержания физического образования. Школьный предмет «Физика» должен удовлетворять общим требованиям закона об образовании, требованиям стандарта образования в обеспечении общих ключевых и предметной компетенций учащихся. Школьное физическое образование, чтобы быть конкурентоспособным на мировой арене, должно способствовать переводу производства с сырьевых на передовые наукоемкие технологии.

Эти идеи получили развитие в новой модели образования, в которой отмечено: «Главным отличием новой модели от старой является *фокусирование на необходимости получения образования в течение жизни* (Российское образование – 2020. Модель образования для экономики, основанной на знаниях. – М.: Издательский дом ГУВШЭ, 2008. С. 12).

Для курса физики элементы содержания новой модели могут быть представлены в виде следующей системы:

- основные понятия (язык физики-науки);
- научные факты;

* См. работы В. Г. Разумовского и др.

- законы;
- физические теории;
- знания о способах деятельности;
- гносеологические знания, научный метод познания природы;
- оценочные знания.

Традиционное содержание физического образования, сложившаяся организация процесса обучения физике приводят к *противоречию* между огромной общекультурной составляющей науки физики и недостаточностью отражения её в содержании школьного физического образования.

При изучении причин названного противоречия надо ответить на вопросы: «Каким должно быть содержание курса физики, чтобы оно отражало взаимосвязь физики и культуры?» «Какова общекультурная составляющая содержания физического образования?» «Как можно реализовать общекультурную составляющую содержания физического образования в процессе обучения школьников?»

Одна из причин противоречия обусловлена тем, что еще во времена Ньютона физика исключила из своих описаний человека, противопоставив его научным знаниям. И чем больше по мере развития физики росла абстрактность ее физических понятий и представлений, тем заметнее увеличивалась степень отчуждения этой науки от человека. Таким образом, по словам С. П. Капицы, выиграв как научная дисциплина, физика проиграла в итоге как совокупность научных знаний для широких слоев общества*. Эту же мысль развивает В. А. Фабрикант, который считал, что одной из причин снижения интереса к физике является излишняя формализация её положений, особенно на ранних стадиях обучения. Когда мы говорим о высоком научном уровне изложения учебного материала, то зачастую под этим понимаем сугубо логизированную схему результатов развития науки. Тем самым у учащихся создаётся неверное представление о научном методе, так как мы их знакомим с методом изложения научных результатов, а не с методом их получения. По мнению В. А. Фабриканта, «учащиеся вместо довольно неправильного, но очаровательного лица живой, цветущей на уки видит суровый лик с абсолютно правильными чертами, внушающий почтение, но не любовь» (Фабрикант В. А. Избранные статьи. М.: Изд-во МЭИ, 2000. С. 9). Именно поэтому приобретенные на выходе знания по физике не имеют той культурной значимости, которая характерна для гуманитарного образования. Физические знания не имеют престижа, хотя бы близкого к престижу знаний гуманитарных, и что современная физика, по признанию многих ученых, в частности В. Вайскопфа, некоторым образом, исключена из всеобщей культуры (Вайскопф В. Человеческое ли дело физика? // Проблемы преподавания физики. М., 1978).

Качественное изменение характера физического образования в массовых средних школах возможно лишь при условии глубокого раскрытия человеческой значимости физической науки, которой она на самом деле обладает. Это соответствует тенденции *гуманитаризации*, наметившейся в последнее время и в самой физической науке. В современном мире физика в известной степени является методологической, мировоззренческой и фактологической базой не только для естественных наук, но и для гуманитарных. Об этом писал еще М. В. Ломоносов.

Анализируя «гуманитарные» возможности школьного курса физики, Л. В. Тарасов выделил четыре составляющие гуманитарного, «общекультурного» содержания физики - науки, которые могут и должны найти отражение в школе. *Во-первых*, это фундаментальные статистические закономерности, соответствующие современному этапу познания мира и отражающие вероятностную форму причинности. *Во-вторых*, принцип симметрии, включая диалектику симметрии и асимметрии, диалектику сохранения и изменения, общего и разли ч-

* Капица С. П. Образование в области физики и общая культура // Вестник АН СССР. 1982. № 4.

ного. *В-третьих*, идея взаимосвязи и взаимопревращения, характерная для современной физики (между веществом и полем, корпускулярным и волновым движением). И наконец, *в-четвертых* – принцип соответствия (Л. В. Тарасов, 1990).

Гуманитаризация в преподавании физики будет по-настоящему реализована, если на доступном для большинства учащихся уровне будут раскрыты ее непосредственные и косвенные связи с различными сторонами современного человеческого бытия.

Во многих публикациях гуманитаризация образования рассматривается как увеличение доли гуманитарных предметов в школьном образовании, что приводит не просто к дисбалансу между естественными и гуманитарными составляющими школьных учебных планов, но и к искажению в понимании целей общего образования. Изучение естественно-математических предметов в существенной степени способствует развитию мышления школьников, формированию их представлению об окружающей действительности, формированию, в конечном итоге, менталитета современного человека.

Не противопоставление естественнонаучного и гуманитарного образования, а именно нивелирование подобного водораздела должно быть характерно для современной школы.

Действительно, кроме предметного потенциала (естественнонаучного и технического) *физика обладает также гуманитарным потенциалом*, который реализуется (или может быть реализован) путем использования людьми в бытовой, учебной и профессиональной деятельности общекультурных *понятий, знаний* о важных закономерностях развития наук: о границах применимости теорий; о том, что существующие теории могут являться частным случаем более общих новых теорий, не входя в противоречие с ними; *общеучебных интеллектуальных умений*, необходимых для продолжения образования (в т. ч. гуманитарного) в соответствующих учебных заведениях или путем самообразования; *технических средств*, изобретенных на основе физических открытий и способствующих возникновению новых форм общения между людьми и распространению духовных ценностей; *знаний*, необходимых для обеспечения безопасности жизнедеятельности; *примеров из истории физики*, свидетельствующих о высокой гражданственности, чувстве ответственности за судьбу человечества и за сохранение окружающей среды, принципиальности в поисках истинных знаний, взаимопомощи и интернационализме в мировом сообществе физиков, преемственности знаний.

Для решения задачи формирования в сознании учащихся культурных ценностей необходимо систематически обращаться *к истории физики*, ознакомление с которой является важным средством, позволяющим в процессе обучения возводить мост между физикой и общечеловеческой культурой.

Для школьного естественнонаучного образования особую важность представляет вывод о возможности повышения ценности научных знаний в обществе, если эти знания станут для учащихся человечески значимыми, иными словами, приобретут основные признаки гуманитарного знания. Историко-биографический материал позволяет обращаться к общечеловеческим проблемам и проблемам, жизненно важным для формирующейся личности.

В современном мире физика является методологической, мировоззренческой и фактологической базой не только для естественных наук, но и для гуманитарных. Чтобы оценить мировоззренческую роль физики, необходимо развить тот тезис, что очень многие современные понятия, которыми оперируют науки, в том числе гуманитарные, имеют свое происхождение и первоначальное наполнение в физике. А это очень важно, поскольку модельными представлениями для нас являются представления окружающего мира – мира физических

явлений. Физические принципы соответствия и дополнительности, сформулированные Н. Бором в начале XX века, приобрели в настоящее время философское и методологическое значение.

Важнейшая роль физики, обладающей как естественнонаучным, так и гуманитарным потенциалом, заключается в ее двояком вкладе в формирование культурного уровня учащихся. Как сугубо предметный, так и гуманитарный аспекты важны на протяжении всего школьного курса физики. В то же время, гуманитарный аспект образования приобретает особую актуальность в 7–9-х классах. Это связано с тем, что курс физики в массовой основной школе (являющейся непрофильной) должен быть доступным для усвоения и полезным для всех учащихся, включая школьников, не очень способных к изучению физики и не желающих в будущем приобретать профессию, связанную с этой наукой.

Обсуждение проблем мировоззренческого или культурного характера (человек и природа, человек и общество, человек и наука, человек и культура) важно для понимания того, что наука создается и развивается человеком и для человека. Именно в этом ценность науки и необходимость познания каждым и именно это *делает науку важнейшим элементом культуры каждого в отдельности и человечества в целом.*

Принципы отбора содержания образования. *Первым, основным, исходным источником содержания образования является социальный опыт или культура в широком ее понимании. Исследование элементов культуры, подлежащих передаче подрастающему поколению, показало, что в ее составе на любом этапе развития, можно выделить четыре общих элемента:*

а) знания о природе, обществе, мышлении, производстве и способах деятельности;

б) опыт осуществления известных способов деятельности, который воплощается в умениях и навыках личности, усвоившей этот опыт;

в) опыт творческой, поисковой деятельности по решению новых, возникающих перед обществом проблем;

г) нормы отношения к окружающему миру, друг к другу, т. е. система волевой, моральной, эстетической, эмоциональной воспитанности (И. Я. Лернер, 1980).

Вторым источником содержания образования является теория деятельности. Не случайно и первый источник содержания формулируется в терминах деятельностей, поскольку формирование знаний, умений, навыков осуществляется только через учебную деятельность.

Обучение направлено на всестороннее развитие личности обучаемого, следовательно, структура деятельности должна коррелировать со структурой личности. Говоря о структуре видов деятельности, чаще всего указывают на следующие виды деятельности: *познавательную, преобразовательную, ценностно-ориентационную, коммуникативную и эстетическую (художественную).* Эти пять видов деятельности, понимаемые как инвариантные стороны деятельности, взаимосвязаны со структурой личности, поскольку развитие происходит в процессе деятельности.

Теоретической основой для решения поставленной проблемы является положение концепции Д. Б. Эльконина и В. В. Давыдова, П. Я. Гальперина, согласно которой *содержание образования при деятельностном подходе к обучению проектирует определенный тип мышления – эмпирический или теоретический.*

Деятельностный подход к обучению исходит из положения о том, что психологические способности человека есть результат преобразования внешней предметной деятельности во внутреннюю психическую деятельность путем последовательных преобразований. Таким образом, прогресс познавательного развития учащихся лежит в организации системы учебных действий.

Третьим источником содержания образования является используемая система методов, средств и форм обучения, или то, что принято сегодня называть **технологиями обучения**. Выбор технологий обучения, с одной стороны, определяется целями обучения, с другой – они сами определяют возможность достижения поставленных целей. Отсюда следует, что использование современных методов, средств, форм обучения должно быть заложено в содержании образования.

Таким образом, мы выделили три основных источника содержания образования: *социально-культурный опыт деятельности, структура (состав и другие особенности) познавательной деятельности индивида (среди них такие фундаментальные деятельности, как мыслительная, коммуникативная, рефлексивная, понимания и предметная), и технологии процесса обучения*. Каждый из выделенных источников содержания образования является структурой многокомпонентной, выбор элементов которой уже определяется конкретной базисной наукой (или системой знания), проецируемой на содержание школьного учебного предмета.

Наука и научное познание, научный метод познания как источники содержания учебного предмета. Познание – это специфический вид деятельности человека, направленный на постижение окружающего мира и самого себя в этом мире; оно обусловлено общественно-исторической практикой, выражается в процессах приобретения и развития знания, его углубления, расширения и совершенствования.

Каждой форме общественного сознания: науке, философии, мифологии, политике, религии и т. д. – соответствуют специфические формы познания. Обычно выделяют следующие из них: обыденное, игровое, мифологическое, художественно-образное, философское, религиозное, личностное, научное. Каждая из них имеет свою специфику.

Рассмотрим особенности научного познания. Основная задача научного познания – обнаружение **объективных** законов действительности природных, социальных (общественных), законов самого познания, мышления и др. Отсюда ориентация исследования главным образом на общие, существенные свойства предмета, его необходимые характеристики и их выражение в системе абстракций. Научное познание направлено на вскрытие объективных связей явлений, которые фиксируются в качестве объективных законов. Если этого нет, то нет и науки, ибо само понятие научности предполагает открытие законов, углубление в сущность изучаемых явлений.

Непосредственная цель и высшая ценность научного познания – **объективная** истина, постигаемая преимущественно рациональными средствами и методами, но, разумеется, не без участия живого созерцания. Отсюда характерная черта научного познания – объективность, устранение по возможности субъективистских моментов во многих случаях для реализации «чистоты» рассмотрения своего предмета.

А. Эйнштейн писал: «То, что мы называем наукой, имеет своей исключительной задачей твердо установить то, что есть». Наука в большей мере, чем другие формы познания, ориентирована на то, чтобы быть воплощенной в практике, быть «руководством к действию»

по изменению окружающей действительности и управлению реальными процессами. Весь прогресс научного знания связан с возрастанием силы и диапазона *научного предвидения*. Именно предвидение дает возможность контролировать процессы и управлять ими. Научное знание открывает возможность не только предвидения будущего, но и сознательного его формирования.

Жизненный смысл научного познания может быть выражен формулой: «*Знать, чтобы предвидеть, предвидеть, чтобы практически действовать не только в настоящем, но и в будущем*». Ориентация науки на изучение объектов, которые могут быть включены в деятельность, и их исследование как подчиняющихся объективным законам функционирования и развития составляет одну из важнейших особенностей научного познания. Эта особенность отличает его от других форм познавательной деятельности человека.

Существенной особенностью современной науки является то, что она стала такой силой, которая предопределяет практику. Из дочери производства наука превращается в его мать. Многие современные производственные процессы родились в научных лабораториях. Таким образом, современная наука не только обслуживает запросы производства, но и все чаще выступает в качестве предпосылки технической революции. Великие открытия за последние десятилетия в ведущих областях знания привели к научно-технической революции, охватившей все элементы процесса производства: всесторонняя автоматизация и механизация, освоение новых видов энергии, сырья и материалов, проникновение в микромир и в космос. В итоге сложились предпосылки для гигантского развития производительных сил общества.

Научное познание в гносеологическом плане есть сложный противоречивый процесс воспроизводства знаний, образующих целостную развивающуюся систему понятий, гипотез, законов, теорий и других идеальных форм, закрепленных в языке естественном или, что более характерно, искусственном (математическая символика, химические формулы и т. п.). Научное знание не просто фиксирует свои элементы, но непрерывно воспроизводит их на своей собственной основе, формирует их в соответствии со своими нормами и принципами. В развитии научного познания чередуются революционные периоды, так называемые научные революции, которые приводят к смене теорий и принципов, и эволюционные, спокойные периоды, на протяжении которых знания углубляются и детализируются. Процесс непрерывного самообновления наукой своего концептуального арсенала – важный показатель научности.

В процессе научного познания применяются такие специфические материальные средства, как приборы, инструменты, другое так называемое «научное оборудование», зачастую очень сложное и дорогостоящее (ускорители заряженных частиц, оптические и радиотелескопы, ракетно-космическая техника).

Научному познанию присуща строгая доказательность, обоснованность полученных результатов, достоверность выводов. Вместе с тем здесь немало гипотез, догадок, предположений, вероятностных суждений и т. п. Вот почему тут важнейшее значение имеет логико-методологическая подготовка исследователей, их философская культура, постоянное совершенствование своего мышления, умение правильно применять его законы и принципы.

В современной методологии выделяют различные уровни критериев научности относя к ним кроме названных такие, как внутренняя системность знания, его формальная непротиворечивость, воспроизводимость, открытость для критики, свобода от предвзятости, строгость и т. д. В других формах познания рассмотренные критерии могут иметь место (в разной мере), но там они не являются определяющими.

Интересные и оригинальные идеи об отличиях научного мышления от других духовных исканий человечества развивал В. И. Вернадский. Он, в частности, считал, что только в истории научных идей четко и ясно проявляется прогресс, чего нет в других сторонах культурной жизни (в искусстве, литературе, музыке) и даже в истории человечества, которую «едва ли можно принимать за нечто единое и целое». По мнению русского мыслителя, характерными особенностями исторического процесса научного творчества являются,

во-первых, единство процесса развития научной мысли; во-вторых, общеобязательность научных результатов; в-третьих, большая и своеобразная независимость науки (по сравнению с другими духовными образованиями – философией, религией, искусством и др.) от исторической обстановки; в-четвертых, очень глубокое (подобно религии), но совершенно своеобразное влияние научного познания на понимание человеком смысла и цели своего существования; в-пятых, научное творчество является основным элементом «научной веры», которая служит могущественным созидательным фактором в науке.

Содержание современной физики как источник содержания учебного предмета. Первоначально физика охватывала все, что было известно о земных и небесных явлениях. В Англии за ней долго сохранялось наименование «натуральной философии». По мере развития и дифференциации научных знаний и методов исследования из натурфилософии как общего учения о природе выделились астрономия, физика, химия, биология, геология и другие науки.

Ближе всего к истине определение *современной физики как науки о формах материи, которые входят в состав любых сложных материальных систем, о взаимодействиях этих форм материи и их движениях*. Поскольку формы материи, движения и взаимодействия, составляющие предмет физики, встречаются в любых материальных системах, физика является основой естествознания. Этим обусловлена органическая связь физики с другими естественными науками. Физические методы широко применяются при изучении любых сложных материальных систем и их поведения в различных условиях.

Физика является теоретической основой техники. Развитие физики приводит к появлению новых отраслей техники (электротехника, радиотехника и радиоэлектроника, автоматика и кибернетика) и к преобразованию существующих (металловедение, теплотехника и др.). Развитие технических наук в свою очередь способствует созданию совершенно новых методов исследований, обуславливающих прогресс наук. Понимание науки – это способность постичь ее смысл и значение. Этому способствует неразрывная связь наблюдений, исследований явлений природы, характеризующих их понятий и величин, эмпирических законов и выводов из них, а также экспериментов и практических применений достижений науки в производстве.

Оценка качества подготовки современных школьников по физике говорит о том, что эта связь нередко нарушается. Теоретические знания часто бывают оторваны от их источника, от эмпирически найденных понятий, величин и связывающих их законов и закономерностей. В результате этого учащиеся при анализе явлений и возникающих проблем порой не могут идентифицировать знания, необходимые для решения этих проблем. Преодоление этого недостатка возможно при условии обеспечения необходимыми опытами и экспериментами изучаемых явлений и связывающих их понятий и законов. Также необходима постоянная тренировка учащихся в трансформации научных знаний из одной формы в другую, как-то: семантическая форма, образная форма, табличная форма, графическая форма, знаковая форма и др.

Итак, построение содержания учебного предмета под углом цели воспроизводства опыта деятельности и с учетом психолого-педагогических особенностей процессов усвоения осуществляется в ходе специального отбора из научных систем знаний. В настоящее время в курсе физики старшей школы изучаются основы четырех фундаментальных физических теорий – механики, молекулярной физики, электродинамики и квантовой физики.

Вопросы методологии учебной деятельности как источник содержания физического образования. Методология, с одной стороны, прямо влияет на отбор содержания физики для учебных целей, с другой стороны, она сильно влияет на организацию процессов обучения.

Метод вооружает человека системой принципов, требований, правил и последовательностью действий, руководствуясь которыми он может достичь намеченной цели. Владе-

ние методом означает для человека знание того, каким образом, в какой последовательности совершать те или иные действия для решения тех или иных задач, и умение применять это знание на практике. «Таким образом, метод (в той или иной своей форме) сводится к *совокупности определенных правил, приемов, способов, норм познания и действия*. Он есть система предписаний, принципов, требований, которые ориентируют субъекта в решении конкретной задачи, достижении определенного результата в данной сфере деятельности. Он дисциплинирует поиск истины, позволяет (если правильный) экономить силы и время, двигаться к цели кратчайшим путем. Основная функция метода – регулирование познавательной и иных форм деятельности» (Философия / под ред. В. П. Кохановского. Ростов н/Д, 2000. С. 488).

Учение о методе начало развиваться еще в науке Нового времени. Ее представители считали правильный метод ориентиром в движении к надежному, истинному знанию. Так, видный философ XVII в. Ф. Бэкон сравнивал метод познания с фонарем, освещающим дорогу путнику, идущему в темноте. А другой известный ученый и философ этого же периода Р. Декарт изложил свое понимание метода следующим образом: «Под методом, – писал он, – я разумею точные и простые правила, строгое соблюдение которых... без лишней траты умственных сил, но постепенно и непрерывно увеличивая знания, способствует тому, что ум достигает истинного познания всего, что ему доступно» (Декарт Р. Избранные произведения. М., 1950. С. 89).

Существует целая область знания, которая специально занимается изучением методов и которую принято именовать *методологией*. *Методология (от метод и ...логия), учение о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности. Методология – система принципов и способов организации и построения теоретической и практической деятельности, а также учение об этой системе. Педагоги предлагают определить методологию как «учение об организации продуктивной познавательной деятельности» (А. М. Новиков, 2002). Это определение не противоречит определениям, приведенным выше, но подчеркивает для задачи образования важность организации деятельности (в принципе любой – познавательной, исследовательской, проектной, организационной, методической...).*

Изучая закономерности человеческой познавательной деятельности, методология вырабатывает на этой основе методы ее осуществления. Важнейшей задачей методологии является изучение происхождения, сущности, эффективности и других характеристик методов познания. Методология деятельности (игровой, познавательной, научной, трудовой, учебной) предназначена помочь правильному определению и оформлению социального заказа. В том числе верной интерпретации понятий, законов и теорий при обучении физике, построении современной физической картины мира. Но все же главным является построение на основе методологии процесса учебного познания, в котором приоритет отдается освоению методов деятельности как с физическими объектами и явлениями, так и с физическими системами знаний. В первом случае речь идет о выделении, исследовании (изучении) физических явлений. Во втором случае речь идет о специфической работе со знаками, которые используются в физике. Здесь задача – в усвоении математики как языка физики, овладение правилами работы с моделями, установление связи «реальный объект – его модель».

Процессы образовательной деятельности и содержание образования.

Процессы деятельности (технологии обучения) влияют на состав и формы содержания образования при их теоретическом конструировании до учебного процесса, в ходе урока через особенности деятельности преподавателя и школьников (отбор интересных вопросов, выделение содержания для индивидуального усвоения, акцент на интересы и знания учителя и др.). Отсюда немаловажным для теории и практики обучения является решение задач формирования методологической культуры учителей физики, в целом методологии построения деятельности преподавания. В настоящее время управленческие аспекты деятельности преподавания становятся все более значимыми, в частно-

сти особо актуальной является организация учебного познания физических объектов и явлений. В целом они всё сильнее влияют в реальной практике на отбор элементов содержания образования.

2.3. Воспроизводство деятельности преподавания как фундаментальный ресурс физического образования

Постановка проблемы. Учитель – в живом образовательном процессе по-своему источник физических знаний, опыта деятельности; и обычно на этом уровне и форме задания содержания физического образования обеспечивается во многом успех освоения (см., например: [145]). Однако в последние десять лет постепенно усиливаются диспропорции в деятельности субъектов образования – школьников, учителей, студентов, методистов, ученых-педагогов. Проблемы, прежде всего, проявляются в несогласованности деятельности, её результатов. Часто «правила игры» нарушаются: все занимаются всем, все во всем специалисты, в том числе в построении концепций, программ и др. Движение людей приводит к различным феноменам: например, физике обучают «не физики». Как им быть? Как им освоить в нынешних условиях быта высокие педагогические идеи? В сложной, во многом вновь формируемой системе образования возникают опасные деформации. Одна из них, на наш взгляд, явная дискриминация деятельности преподавания. Учитель – равноправный субъект образования, его деятельность, развитие, научно-методическое творчество должны быть в полной мере обеспечены, в том числе и исследованы. Во многих случаях, по многим аспектам это явно забыто. Хотя энтузиазм передовой части учителей высок, хотя их участие в научно-методической работе расширилось, но это не заменяет производства новых перспективных продуктов методистами, дидактами, педагогами. Мы активно «проедаем» старые наработки. В целом учителя явно хуже, чем 15–20 лет назад, обеспечены методической литературой, другими ресурсами организации своей деятельности. И надо думать, что ресурс этот истощается. Важно и то, что в условиях скудности средств деформируется сама деятельность преподавания. Например, изменяются цели, мотивация, активность деятельности.

Первый этап реформирования систем образования – концептуальный, нормативный – давно прошел. Но сейчас оказалось, что он вновь востребован. Значит, в спускаемых сверху концепциях было что-то не так... Если на первом этапе учитель-предметник был вынужден в основном работать с новым учебником, знакомиться с документами, то на втором этапе он должен овладеть мастерством в реализации принятых целей. Но для принятия дидактических целей явно недостаточно одного лишь их декларирования и простой пропаганды. Цели должны быть «заложены» в методические системы, в них обрести жизнь, смыслы. Педагогические идеи должны быть переведены на язык деятельности преподавания, притерты в реальной жизни с другими деятельностями. Ох, как трудно в действительности реализовать любую педагогическую концепцию, технологию. Как легко они искажаются, умирают без развернутой методической поддержки. Никакого существенного эффекта не будет ни от новых учебников, всевозможных систем вроде ЕГЭ, если не будет изменения структуры и содержания деятельности преподавания. Здесь нужны не просто слова и установки, но новые процедуры, приемы деятельности, здесь нужен постоянный

обмен деятельностью. Словом, это и есть практика как творчество. Но вдруг всё ломается в этом устройстве – наступает очередная реформа...

Теоретические представления. Суть деятельности преподавания – в организации другой деятельности, в её управлении. Точнее, в согласовании, «сшивании» нескольких деятельностей, в том числе учебной, трудовой, игровой, исследовательской и др. Уже очевидно, что в состав деятельности преподавания входит и организация, т. е. проектирование и конструирование образовательных процессов, и управление, т. е. действия на движение образовательной системы, и руководство, т.е. постановка целей и их достижение. Подчеркнем, что это всё деятельности, причем это разные деятельности, требующие разного отношения. Их общая характеристика такова:

- **Смыслы:** а) единственный способ социально-исторического бытия людей; б) в деятельности заключен «опыт рода»; в) суть – в творении человеком мира и самого себя.
- **Структура:** а) потребность, цель, мотивы, б) средства решения задачи, в) процесс решения, действия, г) результат, итоги.
- **Свойства деятельности:** воспроизводит саму себя, субъекта, предметна, выражается в действиях, каждый вид деятельности имеет свои мотивы, потребности, задачи, действия, способна к неограниченному развитию.
- **Виды деятельности** (по разным основаниям): индивидуальная и совместная, игровая, учебная, трудовая, репродуктивная и творческая, материальная и идеальная, свободная, сознательная.

Общие знания о деятельности преподавания систематизированы на схеме (рис. 2.1). Отдельно представим знания об управлении как части деятельности преподавания: а) **структура:** предмет – деятельность по организации и изменению учения, состав – методы, действия, средства (опыт), цель – развитие субъектов обучения; б) **методы управления:** структуризация и реструктуризация учебного процесса. программирование и планирование, проектирование образовательных процессов (и экспериментирование), согласование деятельностей, моделирование, исследование потребностей, мотивов, мониторинг достижений, производство целей и ценностей, комплексные методы: функциональный, ситуационный, системный анализ, специальные приемы и техники: информационные, игровые и др., общение; в) **этапы развития стиля управления:** авторитарный, личностно-центрированный, самоуправление, духовный; г) **действия управления:** ориентировочные (выделение задачи, изменение цели или задачи, сообщение знаний о действии, образец предметного действия и др.), исполнительные (указание, команда, помощь и взаимопомощь, выбор решения, наблюдение, фиксация и анализ результата и др.), контрольно-оценочные (контроль, оценка, письменный отзыв, понимание и обоснование действия и др.).

Итак, деятельность преподавания оказывается весьма сложной по структуре, составу, целям. Уже сейчас (а в дальнейшем тенденция будет расти) она требует не только хороших практических навыков, но и глубокой теоретической подготовки, а на этой основе – творческой деятельности на всех этапах обучения. В одиночку реальному учителю это сделать трудно. Методика обучения физике как наука и область деятельности в стратегическом проектировании развития физического образования должна обратиться ко всей проблематике деятельности учителя: обучению профессии, методической помощи в деятельности, передаче норм при повышении квалификации, к методическому творчеству и др.

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРЕПОДАВАНИЯ



Обратимся, на наш взгляд, к нескольким важным проектам. Для системного представления о путях совершенствования деятельности преподавания ниже рас-

смаатриваются в логике «от абстрактного к конкретному» несколько связанных таким движением примеров.

Первый пример. Громадным потенциалом (и всё более востребованным) для развития деятельности преподавания, а отсюда учителя в целом, является **освоение методологии** своей предметной области. Правда, следует определиться, что необходимо освоить в первую очередь, что – во вторую и т. д. И здесь принципиально важно **построение пространства методологической культуры**. Ниже описываются контуры построения такого **пространства в регионе**.

1. *Цели проекта:* а) разработка идеологии (целей, ценностей и принципов) образования в данном регионе, б) разработка методологии (принципы построения, функционирования) определения и развития образовательных областей, в) разработка вопросов методологии научного познания как объекта усвоения в школе и вузе.

2. *Смысл и идеи проекта*

- В предметном поле методологии регионального образования выделяются три самостоятельных подобласти – **науковедение** (структура и статус знаний, механизмы построения знаний, модели, процедуры согласования знаний и др.), **методология проектирования** реальности (построение учебных систем знаний, организация и управление процессами усвоения, воспроизводство совместной методической деятельности), **методология исследования** реальности (получение и систематизация эмпирического материала, исследование процессов обучения, оценка адекватности моделей, производство методик исследования и др.); специфика построения предметов этих подобластей должна быть исследована, выбрана для данных условий и учтена при разработке той или иной образовательной области; первые две подобласти обслуживают другие фундаментальные проекты, например определение структуры системы регионального образования, третья – собственно содержание образования.

- Постепенное освоение методологии регионального образования должно сочетаться с выполнением конкретных (точечных по предметам, отдельным решениям и др.) проектов по формированию методологической культуры всех субъектов образовательного пространства; формирование портфеля таких проектов – один из смыслов построения данной образовательной области.

- Вопросы методологии научного познания как объекта усвоения входят в содержание всех трех составляющих образования – обучение, воспитание, развитие; проблема состоит в поэтапном и последовательном построении этого содержания; общие рекомендации (концепции) и конкретные решения на этот счет и являются предметом данного проекта.

- Более осознанное и последовательное использование современной методологии науки как инструмента нацелено на переосмысление, а затем и изменение всего образовательного пространства; системно и прогнозируемо это можно делать только на базе новых предметов (например, метапредметов) как результата использования методологии.

- Содержание вопросов методологии, построенное и подобранное в ходе коллективных поисков, должно стать системообразующим фактором при разработке технологий и методик образования; только на этой основе можно получить устойчивый эффект в любой системе массового обучения; любые образовательные системы должны проверяться (проходить экспертизу) на предмет учета требований современной методологии познания мира (материального и духовного).

3. *Ожидаемые результаты*

- Упорядочение процессов и результатов построения всех образовательных областей, установление единого языка описания образовательных процессов, упрощение и прояснение теоретических основ построения различных образовательных проектов.

- Разработка и внедрение конкретных образовательных проектов, что должно привести к повышению качества образовательной подготовки субъектов учения.

- Понимание и решение проблемы о формировании методологической (и мировоззренческой) культуры преподавателей (по этапам, уровням и др.); разработка целостной и постоянно действующей образовательной системы, направленной на формирование методо-

логической культуры школьников, студентов, учителей, преподавателей. (Можно построить измерители эффекта.)

4. Логика плана первоочередных действий по реализации проекта: а) педагогическое сообщество должно принять задачу разработки указанной образовательной области (пропаганда и т. п.); б) построить идеологию развития образования на языке методологии; в) конкретизировать цели и задачи для различных образовательных областей с учетом актуальности тех или иных аспектов рассмотрения; г) копнуть конкретный материал и опыт, согласуя и обобщая его; д) строить и выполнять конкретные проекты под актуальные задачи, под конкретные коллективы ученых и учителей; е) формировать мониторинг присвоения элементов методологической культуры субъектами образовательного процесса.

Второй пример. В ежедневной практике в первоочередном плане следует направить усилия учителя на освоение вопросов методологии естественнонаучного познания. И здесь ведущим в ближайшие 10–20 лет должно стать овладение деятельностью экспериментирования и деятельностью моделирования (см. далее). Но и в целом методологический (мировоззренческий) уровень учителя должен претерпеть существенные изменения. Пока трудностей тут не счесть.

Так, на практике неприятной болезнью остается смешивание объектов природы и объектов науки, например тела и его частной модели – материальной точки. Это пронизывает все содержание учебников, различных пособий. И весьма сильно затрудняет понимание явлений, т. е. освоение знаний, догматизирует системы знаний, не позволяет субъектам обучения смелее искать новые средства описания. Странно, но, например, неожиданным и трудным для учителя оказывается вопрос: какое физическое явление описывает второй закон Ньютона? Если ответственно оценивать ситуацию, то для преодоления только одной этой по содержанию методологической проблемы надо здорово потрудиться и педагогам, и методистам. Речь идет не об их понимании и решении проблемы, речь о реализации такого подхода в деятельности учителей и школьников, построении образцов деятельности и др. А это, если хотите, революционная задача. Здесь необходимы согласованные действия многих специалистов.

Тем более не преодолено **отождествление реальных процессов и средств их описания** в теории и практике обучения физике. Даже терминологически ясности мало. И это существенно тормозит построение эффективных систем знаний, технологий и методик обучения. Нельзя сказать, что усилия в этом направлении не предпринимаются, но пока явно недостаточно. Одним из характерных примеров является введение понятий о **модели урока**, моделировании уроков. Между рекомендациями под названием «урок физики» и «модели уроков физики» – идейная пропасть. Она видится в том, что первое понятие как бы обозначает реальность, а второе – лишь средство её формирования со своими границами применимости, со своими правилами использования. Словом, с этими объектами, по идее, надо по-разному работать. Первый нуждается в исследовании, второй – в проектном использовании, освоении. Дифференциация этих понятий представляет современную эпоху в методике обучения, ей соответствует другой по мировоззрению учитель. С точки зрения методологии любые рекомендации должны рассматриваться как модель, как средство описания, а, таким образом, здесь уже нет места моде, выделению «плохих» и «хороших» средств и т. п.

Так, в методике обучения физике понятие о модели урока используется около пятнадцати лет. За это время подготовлено и вышло в свет немало публикаций, в издательстве «Просвещение» изданы модели уроков по электродинамике, квантовой физике, молекулярной физике. На этапе перехода на новые учебники эта работа вновь востребована. Необходимо искать новые решения, учитывать новые реалии школы. Отсюда и потребность в дальнейшем теоретическом определении возможностей моделей уроков.

Модель урока представляет собой вид методических рекомендаций для учителя по организации урока, единицы образовательного процесса, это – идеальное построение урока, теоретический проект урока. В модели урока выражается попытка целостного проектирования этого сложного дидактического объекта. Отражается структурное, целевое, временное,

содержательное, методическое его построение. Причем системообразующим элементом является организация учебной деятельности школьников. По функциям и элементам содержания модель урока близка такому дидактическому объекту, как структурно-логическая схема. Форма знания (логическое, содержательное, методологическое и др.) представлена в виде, требующем его творческого преобразования. Отсюда модель урока – не просто объект повторения, но объект конструирования. Причем это происходит как в форме перемоделирования при освоении модели, так и в форме творчества при реализации. Получается, что для «превращения» модели в реальность надо её в некоем смысле «разрушить», построить более конкретную (точную) свою модель, определить границы применимости «идеальной» модели урока. Такая работа учителя соответствует теоретическому познанию. Деятельность преподавания по структуре становится адекватной учебной деятельности.

Структура моделей уроков одинакова: название, основные дидактические задачи, план урока с определением его структуры, организации этапов, методические рекомендации по этапам урока с выделением основных учебных задач и средств их решения. Вариативность моделей уроков прежде всего связана с разнообразием рекомендаций. Их элементами являются: формулировки учебных проблем, последовательность рассмотрения материала, описание экспериментов, примеры решения задач, вопросы для организации беседы, обобщающие таблицы и др. На практике реализованы следующие типы моделей уроков: по характеру содержания рекомендаций – содержательные, «управляющие», смешанные; по форме изложения рекомендаций – «реальные», рецептурные, диалогичные; по полноте изложения – развернутые и краткие, фрагментарные и др.

Несколько моделей уроков могут задать систему, определяющую технологию организации учебного процесса. Трудно найти другую методическую систему, обладающую всеми признаками технологии: есть цели (задачи) обучения, и они достаточно конкретно (диагностично) выражены; есть средства достижения целей обучения, причем они даются в комплексе (организация познания, содержание, методические средства, мотивация и др.); есть средства контроля, причем они даются на таком же языке, как и задачи и средства их достижения. Относительная устойчивость системы моделей уроков (технологии как макромоделли) обеспечивается устойчивостью стандарта образования, учебников, средств усвоения, условий обучения, логикой построения содержания темы (например: факты – модель – следствия – эксперимент), логикой изучения явления, единым подходом к организации решения задач и др. Важно, что существует определенное взаимодействие моделей уроков в системе: подробность первых моделей позволяет сокращать последующие, свертывается логика изложения и др. Система моделей уроков задает учителю достаточно целостную систему рекомендаций для построения учебного процесса. В рамках определенной парадигмы она позволяет упростить подготовку к уроку, избежать грубых ошибок, освобождает учителя для творчества на всех этапах реализации проекта. Особенно существенно формирование при этом педагогической рефлексии. Мало исследуются различные аспекты использования моделей уроков. А здесь много интересных проблем: Как сочетаются содержательные и процессуальные аспекты учебного процесса в модели урока? Каково соотношение разных видов подачи информации? Как быстро происходит присвоение рекомендаций с помощью моделей уроков? Как соотносится модель урока с реально проведенным уроком (цели, структура, время этапов, содержание, методы, интерес и др.)?

Третий пример. В рамках деятельности преподавания государственной по значению остается задача инициирования научно-методического **творчества учителей**. Этот вид деятельности учителя – необходимая составляющая деятельности преподавания в целом. Любая творческая деятельность учителя (эмпирическая или явно теоретическая) нуждается в сознательном регулировании, в осознании, в рефлексии. 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. В последнем смысле научно-методическая деятельность учителя – самооцен-

на. Это форма оплаты обществом специфического труда 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. Задумаемся под этим углом зрения, например, о школе в селе.

В педагогике (дидактике, методике) указанный объект исследования, прежде всего, должен рассматриваться как объект формирования (В. В. Краевский и др. [44–46, 180]). Конечно, необходимо изучать такую деятельность преподавания и в реальных условиях, в условиях стихийного возникновения и существования. Но перспективнее (во многих аспектах) особенности и закономерности научно-методической деятельности изучить в условиях её целенаправленного формирования, что для педагогических процессов естественно.

Схематически опишем стороны творческой деятельности учителя.

Направления деятельности (объекты) а) системы обучения, технологии, б) содержание учебного предмета, в) процессы обучения, г) научно-методическая деятельность, д) профессиональное общение, коммуникация, рефлексия. Черты (характеристики) деятельности: осознание задачи, виды решений (новый предмет, новые действия, новые средства, новые коллективные процессы), объект и предмет, мотивы, уровень: эмпирический или теоретический. Общая характеристика научно-методической деятельности: а) развитие учителя; получение субъективно нового продукта, б) получение объективно новых образовательных результатов, в) освоение и создание методов исследования, г) схемы организации: стихийно, случайно, по образцу, по известному механизму, коллективно – содеятельность, по методологическим ориентировкам и др.

Известно, что любая творческая деятельность (и по мотивам, и по итогам) – неотчужденная деятельность. А основной результат работы учителя вместе с учениками ежегодно «уходит» из школы. 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. Отсюда понятны и высокие мотивы такой деятельности.

Конкретизируем представления о 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.). Научно-методическая деятельность – более целенаправленная деятельность. 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, некритичность 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 и следовательские умения, настраивает на сознательное и планируемое достижение результатов обучения, стимулирует разработку технологий обучения (и другое). Главное – повышается уровень и качество теоретического конструирования формируемой действительности, меняется характер и смысл (по многим параметрам) деятельности учителя.

В нашей практике под наиболее актуальные проекты около двадцати лет организуется научно-методическая деятельность групп учителей (Кировский ИУУ). Подчеркнем, что речь идет не об участии учителей в исследованиях методистов, а об организации собственно их исследований. Основными целями временных творческих коллективов учителей 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.

В итоге были получены следующие результаты: разработан «банк» моделей всех уроков для базовой средней школы; построена система обобщающих уроков для всех классов; освоены различные вопросы по методологии познавательной деятельности, найдены новые решения по диагностике достижений школьников... И по всем этим направлениям изданы методические пособия: «Механические явления: модели уроков» (1995) и «Механика жидкостей и газов: Модели уроков» (1994); «Вопросы методологии при обучении физике» (1998) с рассмотрением вопросов: методология и содержание школьного курса физики, математическое моделирование при обучении физике, задачи и задания методологического характера, работа с учебником по усвоению методологических знаний, развитие мотивационной сферы школьников как условие и результат усвоения методологических знаний, разработки обобщающих уроков по формированию методологических знаний. Освоение вопросов методологии учебного познания имело принципиальное значение, поэтому было продолжено в следующем проекте «Задачи по физике с методологическим содержанием» (1999, 2000). Одновременно выполнялись индивидуальные проекты: заслуженный учитель России А. И. Караваев подготовил пособие «Управление познавательной деятельностью: Методологические ориентировки по физике» (1999), М. А. Лупашина, учитель высшей категории, создала CD-диск «Обобщающие уроки с методологическим содержанием». С 2000 по 2003 г. в рамках творческой лаборатории осуществлялся проект по проблеме «Диагностика достижений школьников при обучении физике: основная и старшая школа». Перед учителями ставились задачи расширить банк диагностических средств в условиях практики развивающего обучения. В ходе довольно трудных поисков были пройдены все этапы выполнения проекта: выделение и осознание проблемы, формулировка задач, разработка материалов, их обсуждение, экспериментальная работа, коррекция диагностических тестов и др. В две книги, которые появились в результате решения этого проекта, вошли такие материалы: вводные, тематические, итоговые тесты, образцы работ по диагностике экспериментальных и общеучебных умений, по диагностике формирования мировоззрения школьников.

Факты творческой деятельности учителей убеждают в необходимости постоянной организации этой деятельности. В целом *следует признать стратегический характер формирования деятельности преподавания для инновационного развития физического образования*. А для научно-методического творчества учителей необходимо в каждом регионе построить системы организации такой работы и поддерживать традиции.

2.4. Дидактические функции системы дополнительного физического образования

В системе дополнительного образования (ранее – факультативное образование), во-первых, отрабатываются элементы содержания и методики для массового физического образования, во-вторых, в большем объеме и более избирательно решаются проблемы индивидуализации обучения, в-третьих, «продвинутые» школьники должны иметь возможности изучения некоторых вопросов современной физики. Итак, сама система дополнительного физического образования является производством учебных систем физических знаний для массовой школы ближайшего будущего. Тут отрабатывается многое: объем и глубина содержания вопроса, формулировки понятий и законов, структуры учебного процесса и др. Эта функция дополнительного образования должна быть осознана на всех уровнях и реализована на практике (см. полнее [48, 104–105]).

Знакомство с вопросами современной физики и ее важнейшими техническими приложениями необходимо начинать в средней (полной) школе по нескольким причинам. Во-первых, потому, что физика как наука, изучающая наиболее общие законы природы, как лидер естествознания, как научная база большинства технологий представляет собой один из важнейших элементов человеческой культуры. Во-вторых, научные направления современной физики лежат в основе тех отраслей науки, наукоемких технологий, техники, которые определяют общий уровень современной жизни в передовых государствах. В-третьих, если основные идеи современной физики будут заложены еще в старших классах, то выпускнику общеобразовательной школы будет легче ориентироваться при выборе направления дальнейшего образования или профессиональной деятельности.

Однако современные достижения физики со значительным трудом входят в стандарты, учебные программы и планы среднего (полного) образования. Фактически школьники изучают физические явления, открытые до начала 60-х гг. XX столетия. В глазах школьников физика представляется «застывшей», инертной системой, в которой даже небольшие изменения происходят крайне редко. При этом важно понимать, что современная физика охватывает множество направлений исследований. Очевидно, что в школьном курсе невозможно (даже частично) отразить содержание современных достижений физики. Но научить современному физическому мышлению можно и нужно.

Проблема включения в содержание школьного курса физики материала о последних достижениях современной физики сама по себе не нова. Однако перед методистами и педагогами возникает вопрос о том, как обеспечить доступность излагаемого материала для старшеклассников, ведь современная физика – чрезвычайно «математизированная» наука. В связи с этим при рассмотрении вопросов современной физики в школе, во-первых, следует использовать принцип исторического подхода, во-вторых, в полной мере использовать потенциал методологии познания. На этом уровне важны не столько глубина и математическая обоснованность изучаемых явлений, сколько их физический смысл.

В качестве критериев отбора материала можно использовать **три признака научности содержания учебного предмета** (Л. Я. Зорина, 1978). В содержание учебного предмета

должны быть включены собственно предметные знания, соответствующие уровню развития современной науки (наука), знания о методах познания (методология) и историко-научные знания (техника, технологии), показывающие путь научного познания. Методологические знания в курсе физики – это, прежде всего, знания о методе научного познания, знания о статусе знаний, о границах применимости и др. Сейчас уже признано в Стандарте и программах, что методологические знания придают курсу физики современные черты.

Стратегическим ресурсом для развития физического образования является **свобода познавательной деятельности**, обеспеченная разнообразием дополнительных учебных курсов, традициями и богатым опытом организации внеурочной деятельности, инициативой учителей и широтой форм деятельности школьников.

Место и роль элективных курсов по физике как элемента культуры. Элективные учебные предметы – обязательные учебные предметы по выбору школьников – являются новым элементом учебного плана. Набор профильных и элективных учебных предметов на основе базовых общеобразовательных учебных предметов позволяет составить индивидуальную образовательную траекторию для каждого школьника.

В концепции профильного обучения определяются цели введения элективных курсов. Одна из них – удовлетворять разнообразные познавательные интересы школьников, выходящих за рамки выбранного ими профиля. Возможность учета личностной направленности обучения на элективных курсах, учета интересов школьников, запросов ученика и семьи к результатам образования, несравненно выше, чем у других составляющих базисного учебного плана. Предоставление учащимся **возможности выбора** различных курсов для изучения – **важнейшее условие реализации личностно-центрированного образования**. Очевидно, что при этом реализуется стратегическая задача освоения во всем многообразии «опыта рода».

Рационально планировать следующие **типы элективных курсов**.

Предметные курсы, задача которых – углубление и расширение знаний по предметам, входящих в базисный учебный план школы. В свою очередь, предметные элективные курсы можно разделить на несколько групп.

1) Элективные курсы **повышенного уровня**, направленные на углубление того или иного учебного предмета, имеющие как тематическое, так и временное согласование с этим учебным предметом. Выбор такого элективного курса позволит изучить выбранный предмет не на профильном, а **на углубленном уровне**. В этом случае все разделы курса углубляются более или менее равномерно.

2) **Элективные спецкурсы**, в которых глубоко изучаются отдельные разделы основного курса физики. Приведем примеры разработанных курсов, представленных учебными пособиями: Орлов В. А. Равновесная и неравновесная термодинамика: учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005; Орлов В. А., Дорожкин С. В. Плазма – четвертое состояние вещества: учебное и методическое пособия. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005.

3) **Прикладные элективные курсы**, цель которых – знакомство учащихся с важнейшими путями и методами применения знаний на практике, развитие интереса учащихся к современной технике и производству. Приведем возможные примеры таких курсов: «Физика и компьютер», «Физико-техническое моделирование», «Физика, техника и окружающая среда».

4) Элективные курсы, посвященные изучению **методов познания природы**. Примерами разработанных курсов из области физики являются: «Измерения физических величин», «Фундаментальные эксперименты в физической науке», «Физика: наблюдение, эксперимент, моделирование».

5) Элективные курсы, посвященные **истории предмета**, как входящего в учебный план школы (история физики), так и не входящего в него (история астрономии, история техники).

6) Элективные курсы, посвященные освоению **методов решения задач**, составлению и решению задач на основе физического эксперимента.

7) **Межпредметные элективные курсы**, цель которых – интеграция знаний учащихся о природе и обществе. Примерами разработанных курсов из области физики являются: «Основы космонавтики», «Элементы астрофизики», «Элементы биофизики», «Элементы химической физики», «Эволюция естественнонаучной картины мира», «Физика в биологии и медицине», «Эволюция сложных систем (синергетики)» на базе физики, химии, биологии, математики и информатики».

К элективным курсам предъявляются особые требования, направленные на активизацию самостоятельной деятельности учащихся. Их выполнение в рамках элективных курсов облегчается тем, что эти курсы не связаны рамками образовательных стандартов и какими-либо экзаменационными материалами. Элективные курсы, хотя и различаются целями и содержанием, но во всех случаях они должны соответствовать запросам учащихся, которые их выбирают. И таким образом, в них есть потенциал развития содержания и форм организации физического образования.

Особую роль в раскрытии темы «Место и роль курса физики как элемента культуры» играют *межпредметные элективные курсы*, а также курсы по истории физики.

Для конкретности представим содержание элективного курса «*История физики и развитие представлений о мире*» (Кабардин О. Ф. История физики и развитие представлений о мире. М.: Астрель, 2005). Этот курс предназначен тем, кого интересует не только необходимый для успешной сдачи экзамена минимум сведений об окружающем мире, но и сам процесс научного познания мира.

Современные науки о природе настолько обширны и сложны, что может показаться неразумной трата времени на изучение истории науки, обсуждение отвергнутых теорий и устаревших взглядов. Действительно, не будет пользы от курса, представляющего историю физики как хронологический перечень открытий. Но изучение объективно обусловленной последовательности возникновения научных идей и методов исследований, развития научной картины мира может быть полезным для того, чтобы «за деревьями увидеть лес». Рассмотрение физики в историческом развитии может помочь пониманию ее как целостной науки о фундаментальных свойствах материального мира.

Интересно в аспекте темы рассмотреть программу межпредметного элективного курса «Нанотехнология» (Разумовская И. В. Физика. Профильное обучение. 9–11 классы. М.: Дрофа, 2005). Элективный курс предназначен для учащихся 11-х классов. Курс опирается на знания, полученные учащимися при изучении физики, химии и биологии в основной школе. Нанотехнология – одна из наиболее динамично развивающихся областей современной физики, по ряду проблем граничащая с химией и биологией. Одновременно это основа новой техники, что позволяет говорить об очередной технической революции во всех областях жизнедеятельности человека. Специалисты утверждают: «По многим прогнозам, именно развитие нанотехнологий определит облик XXI века, подобно тому, как открытие атомной энергии, изобретение лазера и транзистора определили облик XX столетия» (Алферов Ж. И. и др. Наноструктуры и нанотехнологии // Нано- и микросистемная техника. 2003. № 8).

Данный курс способствует формированию целостной картины мира. Изучение процессов самоорганизации при формировании наноструктур и примеры использования биологических наноструктур как элементов технологии позволяют с единых позиций рассматривать природные и искусственные наноструктуры, что способствует формированию общего научного мировоззрения.

На примере учебных пособий по элективным курсам можно отработать условия реализации мотивационной функции учебника. Поиски путей оптимизации содержания учебных предметов, обеспечения его соответствия меняющимся целям образования могут привести к новым подходам в структурировании содержания учебных предметов, к разработке новых учебных предметов.

В учебниках по элективным курсам возможно и весьма желательно использовать аппарат обращения к внешкольным источникам информации (включая компьютерные сети) и к образовательному опыту, приобретенному вне рамок школы (дополнительное образование, самообразование, социально-творческая деятельность).

Место и роль внеурочной работы по физике как содержания и формы представления культуры. Основными требованиями к организации внеурочной работы со школьниками являются вовлечение всех учащихся с учетом их интересов и способностей, органическое единство урочной и внеурочной деятельности, целеустремленность, увлекательность всех внеурочных занятий, повышение роли самих детей, взаимодействие школы с внешкольными учреждениями, общественными и государственными организациями, родителями. ***Стратегически важно усиление этого вида деятельности.***

Общей отличительной чертой внеурочных занятий должен быть признак добровольного выбора занятий учащимися по их интересам. Организация различных форм работы по интересам дает учащимся возможность проявить свои индивидуальные склонности, обнаружить и развить способности, получить первоначальные представления об особенностях трудовой деятельности работников определенных профессий.

Для того чтобы внеурочная работа способствовала развитию познавательного интереса к физике, в ее основе должна быть *ориентация на активную самостоятельную познавательную и практическую деятельность учащихся*. Только добытые собственным трудом знания и умения прочны, только они приносят удовлетворение и уверенность в своих силах, пробуждают стремление к продолжению процесса познания.

Особое значение имеет подбор руководителей внеклассной работы. Чтобы увлечь детей творческой работой, нужно любить детей, любить свое дело, быть одержимым и квалифицированным, настолько, чтобы добиваться творческих успехов и зажигать своей радостью и энтузиазмом школьников.

Современный этап развития общества резко обострил проблему выявления одаренных школьников, создания условий для их развития и наиболее целесообразного использования их способностей. Особо следует отметить в этом отношении ***интеллектуальные соревнования*** (см. полнее: Орлов В. А. Интеллектуальные соревнования школьников – важный вид дополнительного образования детей // Внешкольник. 1996. № 1. С. 14–16).

Некоторые виды интеллектуальных соревнований (физические олимпиады) существуют давно, другие (турниры юных физиков – ТЮФ, научные конференции школьников) появились сравнительно недавно, а некоторые возникли в последние годы.

На конференциях проводятся конкурсы теоретических и экспериментальных исследований, тематика которых определяется самими школьниками. Этот вид интеллектуальных соревнований весьма перспективен, так как сформулировать тему своего исследования, поставить задачу часто труднее, чем ее решить.

Одна из общепризнанных форм работы с одаренными школьниками – ***олимпиады*** (см.: Орлов В. А. Олимпиады: вчера, сегодня, завтра // Советская педагогика. 1989. № 11). Главной целью олимпиады является не определение самых способных и подготовленных учащихся, а развитие интереса к физике у

возможно большего числа школьников. Поэтому наряду с принципом «*пусть победит сильнейший*» при подготовке и проведении олимпиады необходимо руководствоваться известным олимпийским принципом, который гласит, что «*главное не победа, участие*».

Принципиально другой формой интеллектуальных соревнований является турниры юных физиков (ТЮФ), которые, так же как и физические олимпиады, вышли на Всероссийский и международный уровни. Эта форма привлекает учащихся наличием в ней элементов игры, соревнования.

Олимпиады по физике и турниры юных физиков дополняют друг друга, так как у них разный контингент, принципиально разные критерии подбора задач и условия проведения этих интеллектуальных соревнований.

Олимпиады по физике – это *личные* состязания школьников в умении решать нестандартные задачи по определенному предмету. Время, выделяемое на решение задач, *обязательно ограничивается*. Проверка олимпиадных заданий проводится исключительно *по письменному отчету* школьника. Устное выступление школьников предусматривается только в случае апелляции при их несогласии с выставленными баллами.

Ученики выполняют решение задачи *самостоятельно*, консультации с товарищами или с учителем не допускаются, пользоваться учебной литературой запрещается.

Условие задачи *формулируется четко, задается однозначная модель явления*, хотя возможны разные способы решения задачи.

Турниры юных физиков – это *коллективные* состязания школьников в умении решать сложные теоретические и экспериментальные задачи. Они имеют свои особенности: это *длительное время*, которое выделяется на решение задач, а также *использование любой литературы* по предмету, имеющейся в школе, дома, библиотеках города. *Допускаются консультации* не только с товарищами по команде, но и с родителями, учителями, учеными, инженерами и другими специалистами.

Условия задач *формулируют кратко*, выделяя лишь основную проблему и оставляя широкий простор для творческой инициативы в выборе путей ее решения и полноты разработки проблемы. Задачи турнира *не имеют однозначного решения* и не предполагается использование единственной модели явления. Поэтому учащимся необходимо их упрощать, ограничивать рамками ясных допущений, формулировать вопросы, на которые можно ответить хотя бы качественно.

В качестве заданий для турнира юных физиков наиболее подходят задачи, подобные задачам П. Л. Капицы. Другими словами, в них должны ставиться небольшие проблемы, имеющие научный или практический интерес, и школьники на основании известных физических законов должны проанализировать, качественно описать это явление и по возможности дать количественные оценки. Желательно, чтобы эти задания допускали экспериментальную проверку проведенных результатов, полученных в расчетах. При проведении, как олимпиад, так и турниров юных физиков не обязательно использовать сложные установки. Можно проводить очень интересные исследования, используя простейшее оборудование. Эту мысль четко сформулировал академик П. Л. Капица: «Чем более простыми средствами они (учащиеся) будут ставить эксперимент, тем он ценнее» (Капица П. Л. Эксперимент – основа преподавания физики в школе // Физика в школе. 967. № 2. С. 4).

Приведем пример изучения в системе дополнительного образования вопросов радиофизики, которая является одним из магистральных направлений современной фундаментальной науки.

Научный аспект. Радиофизика – важнейший источник знаний об окружающем мире. Благодаря появлению таких радиофизических направлений исследований, как радиоспектроскопия, статистическая радиофизика, квантовая радиофизика (квантовая электроника), микроэлектроника, радиоастрономия и др., был осуществлен стремительный прорыв во многих областях современной науки. Недаром 45 лауреатов получили 21 Нобелевскую премию за работы в этой области.

Технический аспект. Расширяя и многократно умножая возможности человека, радиофизика обеспечивает его уверенное продвижение по пути технического прогресса. Радиофизические открытия являются основой технических устройств (мобильная телефония, лазерные технологии, микроэлектронные устройства и т. д.), определяющих жизнь современного общества. Радиофизические методы используются во многих областях науки и техники (современные средства связи, исследование космоса, медицина, геология, оборонные технологии и т. д.).

Гуманитарный аспект. Изучая историю развития радиофизики, можно показать, что она вносит весомый вклад в развитие духовного облика человека, формирует его научное мировоззрение, учит ориентироваться в шкале культурных ценностей. Изучение истории становления и развития научных взглядов в области радиофизики будет способствовать более глубокому пониманию учащимися физической сущности рассматриваемых явлений. При этом радиофизика предстанет перед учащимися не как система готовых знаний, а как динамично развивающийся организм.

Будучи одним из флагманов современной фундаментальной науки, радиофизика является важнейшим элементом современной физической картины мира (ФКМ), так как на примере этой науки можно показать особенности становления и развития ФКМ. Это, в свою очередь, способствует усвоению учащимися методологических знаний, пониманию логики процесса научного познания, формированию современного научного стиля мышления.

Для изучения современной физики в средней (полной) школе (профильный уровень) целесообразно использовать различные курсы, содержание которых конструируется на основе системы методологических знаний. Как правило, содержание курсов выходит за рамки учебников и методических пособий, доступных школьному учителю. В связи с этим возникает необходимость дать школьным учителям учебно-методические материалы для создания и успешной реализации элективных курсов в профильных классах старшей школы.

Рассмотрим макет-модель методической системы изучения курса радиофизики. В ее структуре можно выделить три основных блока: целеполагающий, процессуально-содержательный и результативный.

Целеполагающий компонент модели предполагает определение следующих целей и задач изучения, например, элективного курса радиофизики.

Цели курса: а) формирование у учащихся представлений о современной физической картине мира и элементов современного научного стиля мышления; б) оказание психолого-педагогической помощи в выборе сферы будущей профессиональной деятельности; в) повышение ИКТ-грамотности и познавательного интереса к физике.

Задачи изучения курса: а) познакомить учащихся с историей развития и современными радиофизическими исследованиями, с научными биографиями творцов радиофизики, экспериментами, оказавшими основополагающее влияние на развитие этой науки, практическими применениями радиофизических знаний; б) реализовать межпредметные связи, так как при изучении радиофизики актуализируются знания, относящиеся к технике и другим областям науки; в) способствовать развитию познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей учащихся.

Содержательно-процессуальный компонент модели включает критерии отбора содержания учебного материала, структурно-логические блок-схемы, позволяющие осуществить поэтапное формирование у учащихся знаний по радиофизике, формы, методы и средства изучения.

Анализ содержания радиофизических исследований, удостоенных Нобелевских премий по физике, можно использовать в качестве ведущего критерия отбора содержания учебного материала курса. Проведенный анализ позволил выделить четыре магистральных направления радиофизических исследований: радиотехника, радиоспектроскопия, информационные технологии, радиоастрономия.

Для того чтобы систематизировать учебный материал по радиофизике и дать учителю представление о его структуре, разработаны *структурно-логические блок-схемы* к каждой теме элективного курса. В них учебный материал выстроен так, чтобы учащиеся смогли логически повторить тот путь, каким шла радиофизическая наука. С этой целью приводятся

краткие сведения из истории развития и обзоры современных достижений магистральных направлений радиофизических исследований. Структурно-логические блок-схемы могут использоваться учителем при обобщении изученного материала и учащимися для систематизации полученных знаний или как опорные конспекты.

Одним из важных аспектов организации дополнительного физического образования является активизация познавательных интересов учащихся. В том числе получения как субъективной (В. Г. Разумовский), так и объективной новизны (В. В. Майер) в ходе творческой деятельности. По мнению Г. И. Щукиной, существуют три важнейших источника стимуляции познавательных интересов учащихся [202]. Рассмотрим их применительно к курсу радиофизики:

◆ **Задание содержания учебного материала:** показ учащимся современных достижений радиофизики, практическое применение изучаемого материала, включение в содержание сведений из истории развития радиофизики, понимание значимости радиофизики для развития общечеловеческой цивилизации.

◆ **Организация познавательной деятельности:** использование активных форм обучения, различные формы самостоятельной работы, проблемное обучение, организация творческих работ, использование современных ТСО и др.

◆ **Развитие личностных качеств учителя и учащихся:** самостоятельность в приобретении новых знаний и практических умений, формирование ценностных отношений друг другу, учителю, авторам радиофизических открытий и изобретений, умение вести дискуссию и др.

В преподавании курса радиофизики широко используется *исторический подход*. Его суть заключается в таком изложении учебного материала, при котором основные идеи и теории современной физики представлены в генезисе и дальнейшем развитии, показаны способы получения знаний, выработанные этой наукой в процессе познания природы.

Учитывая стремительный рост научного знания, актуальность подготовки высококвалифицированных специалистов, способных к профессиональному росту и профессиональной мобильности в условиях информатизации общества, необходимость формирования современного научного стиля мышления и научного мировоззрения, радиофизику следует изучать не как систему готовых знаний, а как живой, динамично развивающийся организм. Для этого в преподавании радиофизики используются современные, в первую очередь *мультимедийные технологии*, обладающие большой вариативностью изложения учебного материала.

Занятия по элективному курсу радиофизики организованы как процесс самостоятельной познавательной и творческой деятельности учащихся. Теоретический материал излагается на мультимедийных лекциях. Развитию самостоятельной деятельности учащихся способствуют семинарские занятия, на которых заслушиваются доклады и сообщения, проводятся дискуссии по итогам выступлений. На занятиях в практикуме учащиеся выполняют компьютерный эксперимент. Выступления учащихся с творческими работами (рефератами или компьютерными презентациями) проводятся на учебной конференции. Отметим, что мультимедийная лекция является ведущей формой преподавания радиофизики и современной физики в профильной школе. Широкое и оптимальное использование гипертекста, богатого иллюстративного ряда (рисунков, таблиц, схем, чертежей), анимированных изображений, аудио- и видеофрагментов обеспечивает вариативность изложения учебного материала по радиофизике.

Работа над творческим заданием способствует развитию ИКТ-грамотности учащихся: выработке навыков исследовательской и поисковой работы с литературными источниками, умению выделять главное, анализировать, сравнивать, систематизировать, обобщать и конспектировать учебный материал. К *средствам изучения* элективного курса радиофизики относятся: учебные и методические материалы, ПК, мультимедийный проектор, интерактивная доска.

Результативный компонент модели предполагает диагностику сформированности представлений учащихся о современной ФКМ, повышение уровня ИКТ-грамотности и познавательного интереса к физике, готовность к выбору сферы будущей профессиональной

деятельности. Для этого были использованы экспериментальные методы — наблюдение, беседы, анкетирование, тестирование.

Итак, рассмотренные компоненты тесно взаимосвязаны и образуют единую систему, в рамках которой у учащихся профильной школы формируются развернутые представления о современной ФКМ.

В заключение подчеркнём, что в системе дополнительного образования (в том числе при изучении элективных курсов) наглядно проявляется тенденция развития физического образования, заключающаяся в том, что усвоение предметного материала обучения из цели становится средством такого эмоционального, социального и интеллектуального развития школьника, которое обеспечивает переход от обучения к самообразованию. В итоге формируются такие современные качества школьников, как научное мышление, понимание текстов, коммуникация в совместной деятельности, рефлексия процесса и результатов деятельности. В этом мы видим перспективы развития физического образования.

*

*

*

В главе показаны стратегические по значению источники совершенствования содержания физического образования. Особого и отдельного рассмотрения требуют вопросы освоения математики как языка физики, формирования межпредметного и метапредметного мировоззрения.

Глава 3. Экспериментирование как стратегический ресурс развития физического образования

Движение вперед нашего познания природы происходит тогда, когда между теорией с опытом возникают противоречия.*

П. Л. Капица

Физика изучает мир природы. И очевидно, физика в школе тоже должна изучать мир природы, в ходе которого осваивается опыт деятельности по изучению физических явлений. Но цели при этом являются педагогическими – освоить физическое мышление и миропонимание, развить творческие способности, сформировать практические навыки и др.

3.1. Проблема школьного учебного физического эксперимента для нашего будущего

Сейчас внимание педагогической общественности приковано к проекту нового стандарта образования. Каким он будет? Справедливо отмечают, что знания школьников по физике отличаются формализмом: определения и формулы знают, решают трафаретные задачи по готовой формуле, а простые задания на объяснение физического явления или теоретическое предвидение результата физического эксперимента выполнить не могут.

Корень зла в низком качестве знаний по физике видится в почти полном исчезновении из практики преподавания школьного физического эксперимента. Книги для учителей по школьному эксперименту не издаются, а уже изданные не пользуются спросом. Закупленное учебное оборудование для постановки учебных опытов по назначению не используется. У школьников теряется интерес к предмету, так как они не могут осознать, что физическая теория возникает из опытов и служит практике.

К счастью, до конца не исчезли вузовские преподаватели и школьные учителя, которые с энтузиазмом продолжают развивать учебный физический эксперимент. При создании необходимых условий и минимальной поддержке они еще в состоянии вернуть преподавание физики на прежние передовые позиции. Об этом свидетельствует многолетний опыт физиков-методистов Глазовского госпединститута. Обратимся к нему (см. подробнее [58–77, 136, 141–144, 163]).

1. Научная школа как ресурс развития физического образования. Научная школа понимается как некая устойчивая социальная (научная) машина по производству коллективно значимого интеллектуального (образовательного) продукта. И в таком смысле – это стратегический ресурс развития методики физики. *В нашем случае это Глазовская научная школа методистов-физиков.* Ниже представлен опыт её функционирования.

1. Структура и состав. Структура научной школы может быть описана в историческом (этапы развития), кадровом (состав), функциональном (роли, темы, инструменты познания), организационно-управленческом (индивидуальная работа, аспирантура, докторантура, журнал, конференция и др.) аспектах. Элементами структуры школы, очевидно, являются: исследователи, кафедра, факультет, лаборатории, конференция, журнал, опытные площадки, духовные традиции (принципы). Здесь мы видим совершенствование, в том числе усложнение деятельности Глазовской научной школы во всех обозначенных аспектах.

* Капица П. Л. Эксперимент. Теория. Практика. – М.: Наука, 1974. – С. 219.

2. Материальная и духовная база. Обратимся только к характеристике последней. Во-первых, важна открытость деятельности ученых-методистов Глазова, во-вторых, существенной является их работа по координации деятельности методистов-экспериментаторов страны, в-третьих, в конкретном деле учебного физического эксперимента деятельность не замыкается на технике, а интегрирует методологию познания, физику, дидактику, психологию усвоения. Никакой реальный мир без идеального не построить, и важно увидеть в практике методистов-экспериментаторов Глазова как раз построение идеального мира.

Все виды деятельности в явном виде присутствуют в деятельности методистов Глазова: практическая деятельность, коммуникация, рефлексивная деятельность, в том числе по оцениванию реальности, понимание и теоретическое мышление (конструирование) в области дидактики физики.

3. Методологические основы. Принципиальный фактор: научная школа точно поддерживает длительное время направление исследований – теория и практика творческой деятельности в области учебного физического эксперимента. Это направление хорошо идентифицируется, глубоко и широко по научному и прикладному потенциалу. Решаются в основном две научные проблемы: а) задание и освоение современного (творческого) физического мышления как нормы учебной деятельности экспериментирования, б) создание современного учебного физического эксперимента как дидактической системы.

На начальном этапе развития духовным источником, ориентировкой было индивидуальное творчество как деятельность. Сейчас на этапе осознанного развития опора не просто на творчество, но и на найденные методологические принципы. Ряд из них сформулирован в докторской диссертации В. В. Майера «Элементы учебной физики как основа организации процесса научного познания в современной системе физического образования» (2000). Выделим следующие положения: построение идеализированного объекта методики «объект ноосферы» («элемента учебной физики»); приоритет процедур творчества при освоении норм физического мышления... Важно «увидеть», что объекта ноосферы нет в природе, его надо строить. Но за этим и стоят особенности и успехи Мира учебного физического эксперимента Глазовской научной школы. Существенным является представление интеллектуального продукта в максимально конкретной, **воспроизводимой**, материальной форме (опыты, установки, знаковые системы и др.).

Стратегическая задача трансляции и освоения «опыта творчества» решается как а) освоение норм метода научного познания, в итоге – теоретического мышления в форме экспериментирования, б) освоения мотивов (и т. п.) самой деятельности экспериментирования.

4. Процедуры деятельности. Основателем и лидером научной школы является профессор В. В. Майер, особенности его стиля деятельности на предшествующем и теперешнем этапах ярко проявляются, он оказывается ведущим деятелем. Трудолюбие, ориентир и работа на идею, физическая корректность в разработках, аккуратность в деталях... – вот типичные черты стиля деятельности методистов школы.

За публикациями реконструируются следующие типичные **познавательные действия**: выделение, построение физического феномена (явления), материальное, техническое и идеальное представление его в наиболее простом и «чистом» виде, конструирование элементарной теории, поиск эффективных приемов усвоения. Существенным для научной школы являются и **социальные действия**: вовлечение в методическое творчество студентов и учителей, кооперация с методистами-экспериментаторами и физиками страны, постоянные публикации экспериментальных исследований для учителей и школьников, борьба за научность методических решений и др. Можно выделить следующие особенности **исследовательской деятельности**: системно конкретное отношение к экспериментам; тесное сочетание индивидуальной и коллективной работы (сотворчество), при приоритете коллективных действий; жесткий ориентир на конкретный методический продукт с четкой новизной; профессиональное знание физики и др.

5. Продукты деятельности. Назовем некоторые: в условиях периферийного вуза функционирование журнала «Учебная физика» можно назвать научным подвигом; проведение ежегодных (с 1995 г.) Всероссийских конференций «Проблемы учебного физического эксперимента» (на сегодняшний день прослушано более 500 докладов, опубликовано 24

сборника почти с тысячей статей) по учебному физическому эксперименту не имеет аналогов в истории методики, защита более десятка кандидатских диссертаций, выполнение сотен публикаций по теме, в том числе книг, монографий и др.

И все же основным продуктом, по нашему мнению, является сам механизм работы научной школы, который **воспроизводит** дух науки-физики при трансляции знаний в обучении. Содержательно речь идет о воспроизводстве и трансляции метода научного познания в физике вместе с мировоззренческими обобщениями. Это учебные физические эксперименты нового поколения, с одной стороны, нацеленные на широкое использование, а значит – технологичные, но технологичные с особой точки зрения – воспроизводства творческой деятельности, с другой – несущие современные образцы деятельности, включающие современные материалы, приборы и др. Но это не просто техника нового опыта, это – деятельность экспериментирования в единстве техники опыта, учебной физической теории, методики использования опыта в обучении. За освоением именно этой деятельности, уже сейчас видно, будут стоять успехи физического образования, рейтинги международных олимпиад, а потом – открытия.

Процедуры деятельности научной школы хорошо проявляются подготовке и проведении **конференций**. Продолжительность каждой научной конференции два рабочих дня, общее время докладов – 12 часов; заслушивается обычно 40-50 сообщений. Всего на конференцию ежегодно поступает 120–140 докладов. Работа конференции ведется по трем направлениям: 1) Теория и практика учебного физического эксперимента; 2) Новые учебные опыты по физике; 3) Компьютер в учебном физическом эксперименте. Доклады и статьи публикуются в сборнике научно-методических работ «Проблемы учебного физического эксперимента» и в журнале «Учебная физика», которые имеют грифы Министерства образования и науки, а также Российской Академии образования. Отличительной особенностью конференции является демонстрация за время работы десятков новых и модернизированных учебных физических экспериментов, современных учебных приборов и экспериментальных установок.

Среди материалов конференции трудно выделить лучшие. Нередко в кратком выступлении или небольшой по объему публикации решается проблема, поставленная десятилетия назад. Однако следует отметить принципиальные выступления Президента Российской академии образования Н. Д. Никандрова, действительного члена РАО В. Г. Разумовского, члена-корреспондента РАО Ю. А. Саурова (Киров), профессоров М. Д. Даммер (Челябинск), И. В. Гребенева (Н. Новгород), П. В. Зуева (Екатеринбург), Ф. А. Сидоренко (Екатеринбург), Е. В. Оспенниковой (Пермь), С. Е. Попова (Н.Тагил), Т. Н. Шамало (Екатеринбург).

Блестящие натурные эксперименты вживую демонстрировали профессора Я. Е. Амстиславский (Бирск), Р. П. Кренцис (Екатеринбург); доценты Г. А. Бутырский (Киров), Г. Г. Громыко (Н. Новгород), Р. Р. Закиров (Бирск), Г. В. Заровняев (Петрозаводск), Ю. Т. Коврижных (Екатеринбург), К. И. Корнисик (Н.Тагил), К. А. Коханов (Киров), О. Г. Надеева (Екатеринбург), А. А. Сабирзянов (Екатеринбург), В. Г. Речкалов (Челябинск), В. А. Тайницкий (Челябинск); народные и заслуженные учителя физики Д. В. Ананьев (Оренбург), Л. А. Маначинская (Саров), С. В. Марков (Гыя), Е. С. Обьедков (Москва), Л. В. Пигалицын (Дзержинск); разработчики и производители техники учебного физического эксперимента В. А. Кораблев (С.-Петербург), А. П. Костенко (Екатеринбург), О. А. Поваляев (Москва), В. А. Семериков (Екатеринбург) и др.

Новым учебным опытам по физике посвящены публикации профессоров С. В. Бубликова (Петербург), В. И. Жаворонкова (Киров), Н. Я. Молоткова (Тамбов), В. Г. Соловьева (Псков), Е. Э. Фискинда (Н.Тагил), Н. И. Шеффера (Оренбург); доцентов В. В. Благодарного (Борисоглебск), С. А. Герасимова (Ростов-на-Дону), А. А. Давиденко (Украина), В. П. Дружинина (Оренбург), Е. Ю. Левченко (Курган), Г. Г. Никифорова (Москва), В. Ф. Шилова (Москва).

Все это свидетельствует о том, что Глазовская научная школа методистов-физиков стала настоящей школой учебного физического эксперимента. За годы ее работы сформировался ряд положений, которые могут рассматриваться в ка-

честве принципов, обеспечивающих эффективную познавательную деятельность учащихся при изучении физики в школе.

2. Методологической основой организации продуктивной учебной деятельности является цикл научного познания. В дидактику физики цикл научного познания введен В. Г. Разумовским [117–118, 120], который убедительно показал, что на его основе может и должна быть организована продуктивная познавательная деятельность учащихся. Схема цикла научного познания сравнительно проста (рис.3.1а). Изучение фактов приводит к догадке о физической сущности исследуемого явления. Так возникает теоретическая модель, включающая физическую идеализацию и ее математическую интерпретацию. Однако непосредственная проверка справедливости модели невозможна. Поэтому из нее логическим путем выводят следствия. Если эксперимент показывает, что следствия

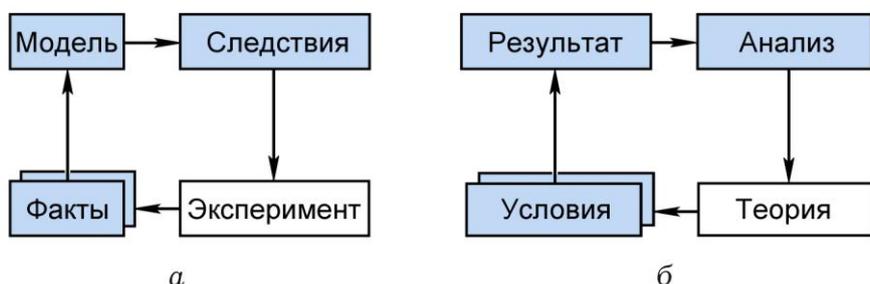


Рис. 3.1

эксперимент показывает, что следствия модели соответствуют реальности, то модель в границах ее применимости считается обоснованной. Научное познание осуществляется не только в теоретическом, но и в экспериментальном цикле, логика которого раскрыта на схеме (рис. 3.1б). Эта схема также носит самый общий характер: не только физический, но и химический, биологический, социальный, педагогический, виртуальный, мысленный и любой другой эксперимент осуществляется в соответствии с представленной схемой.

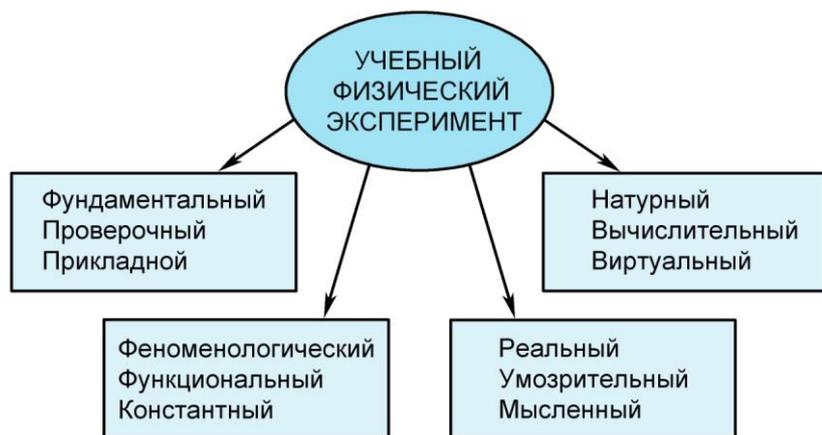


Рис. 3.2

что касается учебного физического эксперимента, то создавая его условия, учитель готовит оборудование, собирает экспериментальную установку и выполняет эксперимент; получая результат, вместе с учащимися наблюдает происходящие явления, выделяет основное явление, при возможности получает его количественную характеристику; проводя анализ, сопоставляет полученный результат с результатами других экспериментов, объясняет его и делает прогноз новых явлений. **Виды учебного эксперимента** представлены на схеме (рис. 3.2).

Идея цикличности научного познания должна пронизывать весь курс школьной физики, присутствовать в каждом параграфе школьных учебников. Тогда, раз за разом осуществляя движение мысли по теоретическому циклу, учащиеся будут многократно испытывать восторг от интеллектуальных подвигов собственной интуиции. Вновь и вновь действуя в соответствии с экспериментальным циклом, школьники будут ощущать радость от достигну-

того, что следствия модели соответствуют реальности, то модель в границах ее применимости считается обоснованной.

Научное познание осуществляется не только в теоретическом, но и в экспериментальном цикле, логика которого раскрыта на схеме (рис. 3.1б).

Что касается учебного физического эксперимента, то создавая его условия, учитель готовит оборудование, собирает экспериментальную установку и выполняет эксперимент; получая результат, вместе с учащимися наблюдает происходящие явления, выделяет основное явление, при возможности получает его количественную характеристику; проводя анализ, сопоставляет полученный результат с результатами других экспериментов, объясняет его и делает прогноз новых явлений.

тых успехов в опытах. Это неизбежно вызовет рост мотивации к процессу познавательной деятельности, так как в циклах научного познания помимо чисто физического скрыт мощный психологический потенциал, использование которого способствует развитию личности, то есть интеллекта, эмоций и воли растущего человека.

Проблема, однако, заключается в том, что практическая реализация принципа цикличности не так проста, как это представляется по его схематическому изображению. Учитель должен немало поработать над собой, чтобы метод научного познания стал для него столь же естественным, как обычные житейские привычки. Достигнув этого, он превратит свои уроки в желанные для школьников встречи с потрясающе интересным миром физических явлений и идей.

3. Эксперимент должен быть на каждом уроке физики. Учебный эксперимент является основой развития физического мышления учащихся. Действительно, в цикле научного познания (рис. 3.1а) переходы от фактов к модели и от следствий к эксперименту носят интуитивный характер, поэтому именно они определяют сущность физического мышления. Решение задач, бесспорно, способствует его развитию. Но задачи относятся к определенной теоретической модели явления, поэтому не затрагивают глубинные процессы, формирующие физическое мышление школьника. Иными словами, можно научить хорошо решать физические задачи, но не научить физике. Отсюда следует, что физические опыты нужны на каждом уроке физики. Обычно эта фраза воспринимается как чрезмерное и совершенно нереальное требование. Однако уроки физики по большому счету отличаются от других школьных уроков только в том случае, если на них присутствует эксперимент.

Общепринята предложенная М. И. Махмутовым [88] классификация уроков по цели организации: 1) урок изучения нового материала; 2) урок совершенствования знаний, умений и навыков; 3) урок обобщения и систематизации; 4) комбинированный урок; 5) урок контроля и коррекции. На уроках первого типа нужны учебные варианты фундаментальных (феноменологических, функциональных и константных) опытов. Уроки второго типа помимо фундаментальных должны включать проверочные и прикладные эксперименты. На уроках третьего типа целесообразны серии экспериментов, обосновывающих основополагающие положения соответствующих теорий. Уроки четвертого типа могут содержать проблемные и занимательные эксперименты. На уроках пятого типа обязательны экспериментальные задачи.

Как правило, продолжительность выполнения на уроке отдельного эксперимента не превышает 1–3 минут. Однако один эксперимент может быть использован на протяжении целого урока, если он позволяет всесторонне исследовать изучаемое явление. В равной степени возможны уроки, на которых демонстрируются серии опытов, или опыты выполняются учащимися самостоятельно, или школьники докладывают о результатах своей работы с демонстрацией опытов и т. д.

Оптимальна ситуация, когда учебный физический эксперимент неразрывно связан с учебной физической теорией. Это означает, что эксперимент на уроке носит не иллюстративный, а доказательный характер, так что его результат имеет исчерпывающее объяснение на доступном школьникам уровне. Только в таком случае можно надеяться на формирование и развитие физического мышления учащихся.

Проблема заключается, главным образом, в недостаточной экспериментальной подготовленности учителя физики, слабой материальной базе школьного кабинета физики и отсутствии жесткого требования обязательного использования опытов на каждом уроке.

4. Решение физических задач нуждается в сопровождении экспериментом. Стандартные школьные задачи по физике являются алгебраическими задачами с физическим содержанием. Для их решения учащимся нужно только вспомнить необходимые формулы, вывести из них выражение для требуемой

величины и подставить в него соответствующие данные. Вряд ли такие задачи существенно развивают физическое мышление школьников. Они наносят явный вред, если их условия или ответы не согласуются с действительностью, особенно с той, которую учащиеся могут наблюдать непосредственно. Учителю физики нужно уметь любую задачу из школьного задачника насыщать экспериментальным содержанием, соответствующим реальности. Приведем примеры.

А. П. Рымкевич. Найти массу груза, который на пружине жесткостью 250 Н/м делает 20 колебаний за 16 с.

Учитель. В ответе получена масса груза 4 кг, но у нас на демонстрационном столе имеется только груз массой 0,8 кг, линейка и пружина от ведерка Архимеда. Сможем ли мы сейчас поставить опыт, подтверждающий правильность формулы, использованной для решения задачи?

В. И. Лукашик. Как изменится период и частота колебаний упругой доски, установленной на вышке для прыжков в воду, если после взрослого человека на доске раскачивается мальчик, готовясь к прыжку?

Учитель. Смоделируйте условия задачи и проведите экспериментальное исследование, используя оборудование, имеющееся на лабораторном столе (универсальный штатив с муфтой и лапкой, стальная линейка, набор керамических магнитов).

А. П. Рымкевич. Грузик, колеблющийся на пружине, за 8 с совершил 32 колебания. Найти период и частоту колебаний.

Учитель. Вряд ли вы сможете сосчитать за 8 секунд 32 колебания. Предложите способы, позволяющие экспериментально подтвердить правильность решения задачи.

В. И. Лукашик. В покоящейся ракете колеблется математический маятник. При движении ракеты вверх с некоторым ускорением период колебания маятника уменьшился вдвое. Во сколько раз ускорение, с которым движется ракета, больше ускорения свободного падения?

Учитель. Мне очень трудно представить себе, что космонавты перед стартом привязали к нитке грузик и измерили период колебаний получившегося маятника, а затем повторили эти измерения на стартующей ракете. Подумайте, как можно проверить, что при движении с ускорением вверх период колебаний маятника уменьшается.

И. М. Гельфгат, Л. Э. Генденштейн, Л. А. Кирик. Чему равен период T колебаний математического маятника длиной l : а) в лифте, ускорение которого направлено вверх и равно a ; б) в лифте, ускорение которого направлено вниз ($a < g$); в) в поезде, движущемся горизонтально с ускорением a ; г) на тяжелой тележке, съезжающей без трения с наклонной плоскости под углом α к горизонту? Чему равен во всех этих случаях период колебаний пружинного маятника?

Учитель. Эту интересную задачу мы не будем решать на уроке. Лучше использовать ее для выполнения исследовательского проекта. В нем помимо теоретического решения проблемы необходимо разработать приборы, которые позволили бы классу наблюдать за частотой колебаний физического и пружинного маятников, движущихся с ускорением в поле тяжести. На презентации проекта мы посмотрим, подтверждается ли теория экспериментом.

Нужно формировать у школьников убежденность, что решение конкретной физической задачи – это математический вывод одного из следствий изученной физической теории. Полученное следствие нуждается не только в теоретическом анализе, но и в экспериментальной проверке. Подтверждение теоретического решения экспериментом свидетельствует в пользу справедливости теории.

5. Воспитательный эффект физики определяется внеурочной проектной деятельностью учителя и его учеников. Для воспитания творческой личности, развития инициативы и активности необходимо восстановить во всех

школах внеурочную деятельность учащихся, связанную с учебным физическим экспериментом. В соответствии с возможностями учителя это может быть факультативная, кружковая или индивидуальная работа со школьниками, но всегда такая, которая имеет своей целью полное, то есть теоретическое и экспериментальное исследование реальных физических явлений.

Наиболее эффективна совместная *проектная деятельность* учителя и ученика по исследованию явлений естественной и искусственной природы с целью создания *новых элементов учебной физики* [134]. Каждый такой элемент, относящийся к определенному физическому явлению, в органическом единстве содержит учебную физическую теорию, учебный физический эксперимент и методику изучения их в школе. Поэтому создание элементов учебной физики позволяет организовать выполнение ученических проектов теоретического, экспериментального, технического, исторического, дидактического, методического и т. д. характера [58–77]. В такого рода деятельности возможно получение не только субъективно, но и объективно новых результатов. Презентация их на различного рода внеурочных мероприятиях научно-исследовательской направленности оказывает существенное влияние как на исполнителей проектов, так и на всех остальных участников учебно-воспитательного процесса в школе.

Результаты совместной проектной деятельности учителя и учащихся необходимо использовать на уроках физики. Разрабатываемые школьниками опыты могут быть простыми, но всегда захватывающе интересными, всегда отличающимися новизной. Например, простая модель воздушного шара-монгольфера, изготовленная из тонкого полиэтилена или бумаги, может стать основой для глубокого физического исследования, а также поводом для обсуждения проблемы выхода в космос из школьного двора. Теоретическое исследование простейшего униполярного электродвигателя даст школьникам возможность осознать, как возникла и какие явления изучает специальная теория относительности. Экспериментальное исследование движений в неинерциальной системе отсчета, связанной со свободно падающим телом, позволит учащимся познакомиться с фундаментальными идеями общей теории относительности (см. полнее [68–75]).

Проектная деятельность не только развивает творческие способности учащихся, но и оказывает мощное воспитывающее действие, определяемое в первую очередь личностью самого учителя. Содержание этой деятельности зависит от количества и качества информации, которой располагает учитель в сфере учебной физики. Эта информация сосредоточена, главным образом, в журналах «Физика в школе», «Квант», «Физика. Первое сентября», «Учебная физика», «Потенциал». Некоторые из публикаций в этих изданиях приведены выше. Неисчерпаемым источником информации является Интернет, пользуясь которым школьники учатся отсеивать достоверную информацию от информационного шума.

6. Фундамент экспериментальной подготовки учителя физики закладывается в педагогическом вузе. Для непрерывного повышения квалификации учителя в области учебного эксперимента нужно создать соответствующие условия. Важно понимание на всех уровнях того факта, что настоящий учитель физики отличается тем, что на уроках он выполняет учебные эксперименты, обеспечивающие исследование реальных физических явлений окружающей действительности. Выскажем мысли для совершенствования этой работы.

К сожалению, современные стандарты и программы дисциплин общей физики и методики физики педагогических вузов предусматривают овладение студентами лишь небольшим числом шаблонных опытов. Но доминирование стереотипов гасит творческую мысль! Поэтому повышение квалификации учителя заключается в самостоятельном освоении все новых и новых учебных физических экспериментов.

Учитель просто обязан использовать в учебном процессе все доступные для современной школы опыты, демонстрирующие фундаментальные физические явления. Для этого необходимо, как минимум, систематическое приобретение школой нового и своевременное списание устаревшего учебного оборудования, выпускаемого промышленностью.

В физическом кабинете школы должны находиться в готовности к использованию элементы всех экспериментальных установок, предназначенных для выполнения лабораторных работ учащихся. В лаборантской необходимы рабочие места, инструменты и материалы для организации внеурочной экспериментальной деятельности школьников.

Курсы повышения квалификации следует организовывать так, чтобы была обеспечена самостоятельная экспериментальная деятельность учителя по освоению новых для него опытов. Особое внимание при этом необходимо обратить на формирование компьютерной грамотности и умений натурального компьютерного эксперимента.

Экспериментальная компетенция школьного учителя формируется на студенческой скамье. Подготовка будущего учителя физики в области учебного эксперимента осуществляется в Глазовском педагогическом институте при изучении общей и экспериментальной физики, дидактики физики, выполнении курсовых работ по физике и дидактике физики, в процессе прохождения педагогических практик и при выполнении выпускной квалификационной работы. Во всех этих видах деятельности студенты, помимо прочего, осваивают известные и создают новые элементы учебной физики.

Однако определяющим фактором этой подготовки является та атмосфера активной научной и практической деятельности, которая создана школой учебного физического эксперимента, функционирующей в форме ежегодных Всероссийских научных конференций под эгидой Российской академии образования. Периодически следующие друг за другом импульсы от встреч на этой конференции поддерживают незатухающую деятельность многих кафедр российских вузов по формированию основной компетенции будущих учителей физики.

3.2. Методология организации экспериментирования как ведущей учебной деятельности*

Повторим, без современной методологии невозможны процессы воспроизводства инновационной деятельности во всех сферах практики. Не случайно в последнее время в учебных планах вузов появились курсы по методологии физики, педагогики, научных исследований. А в Стандартах второго поколения для средней школы прямо востребованы методологические знания. Принципиально важно, чтобы конструирование учебных систем знаний должно быть согласовано с современными представлениями методологии познания. Именно здесь резервы упрощения структур знаний, а отсюда и процессов их усвоения. Важно, что методология представления о творчестве как феномене и искусстве дополняется представлениями о творчестве как интеллектуальной деятельности с соответствующими нормами и инструментами организации. В нашем случае её возможности использованы для раскрытия педагогической эффективности деятельности экспериментирования школьников.

П. Л. Капица ещё в 1962 г. говорил: «Такое отставание экспериментальной физики – очень серьезный фактор, который все больше и больше будет тормозить нормальный рост нашей физики. Разрыв между теорией и жизнью, между теорией и практикой есть симптомы серьезных нарушений нормального развития науки» [38, с. 91]. Актуальность этой мысли только возросла, причем сейчас уже и для практики обучения.

* См. работы [63–65, 103–108, 117–146, 153–154, 156, 162–163].

Для нас научно-методическая проблема заключается в том, что фактически выросло целое поколение учителей в условиях резкого сокращения учебного эксперимента в школах, в условиях деградации материальной базы, а отсюда и самой методики работы с опытами. И это автоматически привело к деградации учебных текстов, ориентации только на слово, а не на объекты природы, не на деятельность. В этих условиях падает интерес к познанию и плохо осваиваются соответствующие умения: школьники, а зачастую и студенты не могут собрать простую электрическую цепь, не отличают амперметра от вольтметра, шунт от добавочного сопротивления, не выделяют явление в опыте и т. п. За проблемами в обучении физике быстро пришли проблемы освоения логики, математики, метода естественнонаучного познания, конструирования и проектирования.

Приведем несколько доступных и существенных **фактов обучения физике**.

1. Природа подавляющего большинства ошибок в ЕГЭ – отсутствие согласования фактов и теоретических знаний, при этом формальное освоение последних выглядят как самоцель. Повторим и подчеркнем: только 25% школьников (а сдают ЕГЭ по физике в среднем не более 20% не худших выпускников!) дали ответ о границах применимости закона всемирного тяготения; только 28% верно указали область применения закона сохранения энергии в механике; только 26% школьников указали условия, при которых нельзя использовать модели идеального газа (Физика. 2002. № 37).

2. Аналитические отчеты по результатам ЕГЭ из года в год фиксируют: «К сожалению, по-прежнему прослеживается дефицит самостоятельности мышления: если в условии задачи есть малейшие отступления от привычных формулировок, результаты резко снижаются» (Физика. 2008. № 2); «Наибольшую тревогу вызывают низкие результаты для заданий, проверяющих характер протекания различных явлений или их применение (проявление) в природе»; например, для колебаний пружинного маятника число верных ответов 36–38%; для понимания явления преломления света число верных ответов лишь 35%; в 2009 г. 46,8% участников ЕГЭ по физике не выполнили ни одного задания с развернутым ответом... (Физика. 2009. № 6); решение качественных задач, в котором требовалось построить цепочку рассуждений со ссылкой на физические явления и законы, выполняется на низком уровне, и авторы отчета связывают такую ситуацию с отсутствием в школьной практике опытов с анализом протекающих явлений (Физика. 2010. № 20).

Объяснение этих и многих других фактов обучения очевидно: формально теоретическое изучение предмета исчерпало свои возможности, даже лучшие школьники по многим элементам знаний дают скромные результаты, не показывают современного мышления и мировоззрения для успешной деятельности в обществе знаний и инноваций.

Теоретические идеи. Из всего многообразия методологических знаний обратимся здесь к фундаментальным для деятельности экспериментирования ориентировкам **методологии научного познания** (А. В. Ахутин, В. В. Краевский, В. В. Давыдов, В. С. Степин, Г. П. Щедровицкий и др.). Учтем, что за последние полвека представления о познании существенно углубились, хорошо осмысленна условность деления методов познания на экспериментальные и теоретические, резко возросло значение парадигмы, картины мира, стиля мышления, в целом мировоззрения в научном познании природы и человека. Адаптированные достижения современной культуры познавательной деятельности должны воспроизводиться в обучении. В деятельности экспериментирования этого можно достигнуть наиболее продуктивно.

Итак, на наш взгляд, важно в первую очередь при организации экспериментирования учитывать следующие **достижения методологии**.

- Ядро методологии – учение о методах научного познания. А как вид интеллектуальной (познавательной и иной) деятельности, как область знания методология ставит и решает следующие наиболее 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. При обучении названные интеллектуальные процессы наиболее естественно и эффективно воспроизводимы в деятельности экспериментирования.

- Для методологии деятельность первична, отсюда первичны метод познания, процедуры исследования, а знания (системы знаний) как образования деятельности вторичны. Со времен Галилея деятельность в физике удачно задается через метод познания, научный метод познания в обучении известен формулой «факты – гипотеза, модель – следствия – эксперимент, практика» (В. Г. Разумовский, 1972). Сейчас в обучении отношение к методу познания как основному объекту содержания образования – наиболее яркое, перспективное направление совершенствования нашего образования. При этом нет никакого сомнения в том, что в школе изучать надо естественнонаучную и социальную реальность. Да, при освоении знаний культуры, да, через деятельность со знаниями, но предметно-преобразующая деятельность с объектами мира остается главным мотивом, условием, целью, формой познания. Именно отсюда «вырастает» деятельностная парадигма для обучения.

- Если метод познания первичен, то в познании и обучении первичен предмет, а объект как обобщение, как суперпозиция предметов вторичен. И освоение опыта деятельности через культуру всегда такое: сначала присваиваются общие, абстрактные культурные нормы (понятия), затем они конкретизируются, развиваются при взаимодействии с реальностью. Подчеркнем, что это не противоречит принципу объективного существования мира, не уменьшает, а, наоборот, усиливает материализм в познании. Научный факт, хотя и идет от метода, но в познании приобретает, в частности, фундаментальную функцию – представляет реальность. Например, такое видение дополнительно раскрывает дидактический потенциал и смыслы технического творчества как фундаментальной деятельности по производству предметов. И на этом стоит весь современный научно-технический (шире – духовный) прогресс. Принципиально важно такое отношение к организации дидактического исследования. На этом пути полноценно раскрывается потенциал формирующего педагогического эксперимента: норма деятельности и её реализация, отклонение от нормы и новые знания (закономерности) присвоения «опыта рода», взаимоотношение методических знаний и методических норм, границы применимости нормы и др. В исследовании выход на объект, т. е. формирование объекта из предметов, сродни открытию. Так, например, в качестве объекта может быть субъект образования. И только тогда становится понятен великий смысл этого понятия, а за ним – и стоящая реальность, т. е. культурная (социально-культурная!) деятельность индивида.



- В общих чертах соотношение между различными этапами естественнонаучного познания можно представить схемой (В. С. Степин, 2000, с. 116 и др.). Подчеркнем, что системно они как раз реализуются в экспериментировании.

Кратко поясним используемые понятия. **Объекты опыта** – это части, фрагменты (подготовленные) реальности; конечно, это не сама реальность. **Эмпирические объекты** – это абстракции, некие схематизации реального мира; их нет в реальности; это некие «онтологические» картинки реальности. Но на практике они часто выступают как реальность. **Теоретическая схема** – это система идеализаций, это логические конструкции, объединяющие абстрактные объекты, такие, как материальная точка, идеальный газ, однородное поле.

Теоретическая схема выступает моделью изучаемых взаимодействий, т. е. явлений. Именно теоретическая схема (её объекты) несет физический смысл; математические уравнения теории его не несут. Процесс «объективации» теоретической схемы, т. е. придания ей статуса «реальности», опирается на физическую картину мира, в целом на **основания науки** – картину мира, идеалы и нормы научного познания, философские основания. Экспериментально-измерительные процедуры как компонент «объективации» теоретической схемы опираются на ряд **методологических принципов**: наблюдаемости (каждое понятие вводится как схематизация опыта), воспроизводимости эксперимента, подчинения явлений в опытах тем же закономерностям, что и в природе, выражения законов на математическом языке, взаимодействия объекта и прибора при измерении, возможность фрагментации и локализации процессов (В. С. Степин, с. 188, 543 и др.). Заметим, что с этой точки зрения в прямом смысле нельзя согласиться с утверждением о том, что эксперимент «занимает ведущее место в познании природы». В форме метафоры смысл эксперимента можно выразить так: познание осуществляется в форме экспериментирования, но ведет его логика, точнее – методология.

- Методология однозначно определяет в качестве первичной (исходной) деятельности коллективную познавательную, преобразовательную деятельность, причем фундаментальным является материальное производство орудий труда (Давыдов В. В., 1996, с. 19–22). И теории образования это принимают. Так, всё творчество Л. С. Выготского пронизано идеей «коллективной деятельности как генетически исходной ступени в формировании сознания человека» (см. [23, с. 406 и др.]). Не случайно в последние годы в теории и практике обучения возникает стратегическая тенденция организации совместных теоретических и экспериментальных (физических) исследований в рамках учебной деятельности школьников. Заметим, что процессы кооперации, с одной стороны, усложняют деятельность, с другой стороны, через внешнее проявление раскрывают её процессы, структуру. Именно в такой деятельности и присваиваются полноценные нормы современного мышления и мировоззрения, в том числе диалогичность мышления [3]. Но этот процесс должен быть специально методически организован под усвоение методологически верно заданных норм.

«Универсум» деятельности как эквивалент всей культуры конкретизируется в предметной области в понятии об «опыте рода» (В. В. Краевский и др. [180]). Структурирование деятельности типично и рационально на языке знаний, хотя дополнительно возможно на языке процессов (деятельностей). Это не случайно. Знания (как фиксация опыта) – основная и удобная форма представления деятельности и отсюда, конечно, учебной деятельности. Выделяют следующие видовые 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 форме «опыт рода» одновременно воспроизводится через разные носители (тексты книг, внешнюю речь, предметную деятельность). Эти представления современной мето-

дологии познания становятся все более актуальными в разработке методики экспериментирования.

- Очевидно, главным и конечным продуктом освоения методологии познания в обучении является **нормирование результатов учебной деятельности (знаний, мышления, мировоззрения) и освоение этих новых норм**. В массовом образовании успех зависит не только от качества задания норм (учебник, диагностики и др.), но и от процедур учебной деятельности на уроке и дома. Они тоже нормируются под углом зрения методологии. Сейчас наступило время по-новому нормировать деятельность экспериментирования, начиная от учебного оборудования и кончая методиками. Для решения этой задачи нужны целевые и коллективные усилия большого числа специалистов, нужны государственные программы организационной и научно-методической деятельности.

Экспериментирование как ведущая деятельность. Обратимся к раскрытию **видения методологией учебной деятельности экспериментирования**, таким образом, обозначая для практики образования программу научно-дидактической деятельности. В качестве гипотезы для движения мысли посчитаем, что экспериментирование является фундаментальной и системообразующей для данного этапа развития образования учебной деятельностью.

Признано, что за учебной деятельностью стоит формирование теоретического мышления (В. В. Давыдов и др.). Учебное познание в рамках учебной деятельности, по смыслу и в главном приближении, может быть представлено двумя видами деятельности – моделированием и экспериментированием. По форме экспериментирование задается как деятельность с реальными объектами и явлениями, моделирование – как деятельность со знанием. Важно, что, с одной стороны, в деятельность экспериментирования можно включить и моделирование как экспериментирование с идеальными образованиями, хотя, с другой стороны, моделирование методологически ведет экспериментирование, не случайно идеи всегда правят миром. Технологическое задание данных деятельностей, исследование их содержательных и процессуальных взаимоотношений, проблемы освоения этих деятельностей в практике обучения – актуальные задачи предметных дидактик. Пока этот потенциал используется плохо (В. Г. Разумовский, В. А. Орлов, В. В. Майер и др.).

Обычно эксперимент понимается широко как любые опыты, ещё шире – как общественно преобразующая практика любого рода, но в узком, точном смысле – это проверка в реальности истинности наших идей, принципов, идеальных объектов. Именно последний смысл придает эксперименту фундаментальный познавательный характер, более того, два первых представления предстают лишь частностями третьего, хотя как практики существуют отдельно и распространены широко.

В истории науки во все времена экспериментирование было на острие познания, хотя и имело разную форму и содержание: в античности – теоретическое наблюдение (умение видеть); в Средневековье – теоретическое истолкование (интерпретация данных); в Новое время – теоретическое исследование, т. е. эксперимент над знанием [2, с. 10,21]. И всегда несло две основные функции: исследовательскую («получение» знаний) и проверочную (испытание понятия на истинность). Именно сейчас в школьной практике мы осознанно возвращаемся к необходимости организации широкого экспериментирования не только над объектами и явлениями, но и над знанием. Последнее в психологии и педагогике по процессам называют рефлексией и считают важнейшим личностным качеством современного человека [23, 28]. Не случайно в любой предметной области характерной чертой времени стало рассмотрение границ применимости знаний и действий.

- Методолог науки А. В. Ахутин аргументированно утверждает: «Эксперимент есть в равной мере как действие с предметом, так и действие с понятием», или по-другому: «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»; «Именно экспериментальная «игра» или «игра» коперниканского и кеплепровского воображения, дающие возможность представить предмет в *иных* условиях, во *всех* возможных условиях, следовательно, помыслить предмет без условий, т. е. так, как он есть сам по себе, оказывается фундаментальнейшим

моментом теоретического познания»; «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» [2, с. 206, 218, 219, 240]. Сейчас новое поколение Стандартов, программ, появляющиеся учебники всё более последовательно дают возможность соединить методологию познания и экспериментирование, хотя для методики и массовой практики это только начало пути [4–9, 14–17, 70, 136 и др.]. При этом для всех учебных предметов.

Продолжим доказательство нашего предположения по отдельным аспектам целей и ценностей образования. Для этого определим деятельность экспериментирования, выделив её **характерные черты**.

1. Прежде всего, **деятельность экспериментирования – полноценная учебная деятельность**, освоение которой формирует весь спектр качеств субъекта образования: знания объектах и явлениях (свойства, их характеристики, модели, эмпирические и теоретические закономерности, границы применимости и др.); практические умения планировать опыт, подбирать оборудование, измерять физические величины, проводить наблюдения, фиксировать экспериментальные данные, их обрабатывать и обобщать; интеллектуальные умения выделять нужные факты, формулировать гипотезы, строить модели объектов или явлений, получать следствия из законов, определять границы применимости и др.; личностные качества – познавательная мотивация, воля, трудолюбие и аккуратность, расширение мира чувств, творческие способности как интегральное качество. Деятельность экспериментирования хорошо соответствует структуре учебной деятельности: цель или задача – средства решения – процессы преобразования – результаты [23, с. 14, 37, 69, 155]. Не случайно у методистов-физиков в практике широко используется следующая ориентировка деятельности экспериментирования: условия проведения опыта, в том числе оборудование и цели – результат, в том числе сам процесс экспериментирования – анализ, в том числе систематизация данных, обработка и интерпретация результатов (В. В. Майер и др.).

Анализ дидактических функций учебного физического эксперимента убеждает, что экспериментирование – основной вид учебной деятельности, а как вид совместной деятельности школьников и учителя по достижению каких-то дидактических целей (например, овладение современным мышлением) – это по функциям в классическом смысле метод обучения. Хотя эти два разных акцента совместны, но их надо различать. Экспериментирование как вид деятельности – основополагающе, фундаментально, это основной (в абстрагировании единственный!) объект усвоения или присвоения, овладения. В нем «зашифрованы» знания, ориентировки и приемы деятельности. Метод, в этом смысле, вторичен, это как форма организации; не случайно метод ассоциируется с опытами, с внешней процедурой. А экспериментирование как объект (деятельность) – шире, чем просто работа с приборами, установками и т. п. По смыслам – это задание объектов природы или техники, переход от объектов к предметам, получение знаний на предметах, установление верности этого знания на практике. Роли логики, интеллектуальной деятельности при этом – доминирующие. В целом получается довольно сложный по процессам деятельности вид деятельности, который втягивает в себя и структурирует разнообразные знания, приемы и др., в том числе такой фундаментальный и особый вид деятельности, как моделирование. Вот почему экспериментирование так значимо, так универсально по образовательному эффекту. Отсюда и образовательные смыслы разработки процедур ведения экспериментальной деятельности в разных ситуациях, с разными целями, особенностями и др. Например, практически мало исследовалась совместная деятельность школьника и школьника, ученика и учителя, учителя и методиста по освоению экспериментирования. Много неясного в отношениях (роли, взаимовлияния и др.)

знаний о деятельности и опыта деятельности, отсюда трудности в развертывании соответствующих процедур.

Ещё раз подчеркнем существенное различие: одно дело – экспериментирование как деятельность, а, значит, – реальность; другое дело – учебный физический эксперимент как дидактическая система, как предметно-материальная форма представления (средство, модель, материал) этой деятельности.

2. Без деятельности экспериментирования невозможно представить освоение метода научного познания. Например, сейчас в дидактике метод познания успешно задаётся в содержании естественнонаучного образования следующей логической формой: «факты – гипотеза, модель – следствия – эксперимент». Структурирование статики научных знаний вида теории по логике «основание – ядро – следствия» и структурирование учебных систем знаний по логике процесса функционирования метода познания способствует выделению структуры и содержания метода познания как прямого объекта присвоения. Таким образом, метод познания становится ключевым элементом содержания, что и есть отражение деятельностной парадигмы в содержании образования. В обучении физике это успешно реализуется, но границы применимости такого подхода шире (см. полнее работы В. Г. Разумовского, В. В. Майера и др. [58–77, 117–120, 136, 160–163]). Сказанное прямо относится к деятельности экспериментирования.

Экспериментирование в рамках метода познания не только и не сколько этап представления содержания метода, но и процесс, пронизывающий все элементы учебной деятельности. Факты всегда выделяются целенаправленной человеческой познавательной (преобразующей) деятельностью, что и есть в широком смысле экспериментирование. Выдвижение гипотезы без мысленного экспериментирования просто невозможно. Вспомним только, какое значение для физики имели мысленные эксперименты Эйнштейна! Но и сама мысль (идея, модель) рождается из фактов эксперимента. Многие следствия в науке и особенно технике, хотя и следуют логике выведения, по процедурам деятельности – экспериментирование. Так, часто измерить физическую величину проще, чем теоретически рассчитать, а практика как творческое экспериментирование с объектами и явлениями бесконечна в пространстве и во времени и дает основные продукты трудовой деятельности.

3. Значение экспериментирования для формирования современного мышления и мировоззрения. Сейчас широко фиксируется прагматизм в деятельности школьников, студентов, учителей. Если его низвести до бытового уровня, что и есть на практике, то мы получим массу проблем в формировании конкурентоспособного человека. Но если прагматизм «заклечь в объятия» научного метода познания, рационального экспериментирования и оформления его результатов, то это и приведет к освоению культурных (социализированных) норм для развития субъекта.

Выделим, на наш взгляд, несколько **стратегических направлений развертывания учебной деятельности экспериментирования:**

- Различие в экспериментировании реальных и идеальных объектов: одно дело – экспериментальное изучение свободных колебаний математического маятника, другое – исследование колебаний конкретного тела.

- Формирование стиля современного научного мышления при экспериментировании. При этом прямо учитываются и осваиваются следующие аспекты: научный рационализм, выраженный в признании объективности и познаваемости мира; признание динамического развития мира; системный подход в познании объектов и явлений; множественность описания объектов и явлений (языки, модели), последовательное приближение к истине; ог-

раниченность знания, приближенность эмпирического знания; освоение концепции универсального эволюционизма, выраженной в логике «изменчивость – наследственность – отбор» (В. С. Степин, 2000, с. 641 и др.). При проведении любого экспериментального исследования эта логика легко выделяется: вариация условий – типичный прием изменений; накопление, систематизация и сохранение первичных данных сродни наследственной памяти; отбор фактов для теории – необходимость эффективного познания.

- Широко известно следующее определение мышления: «Обобщенное...». Уже здесь достаточно четко для характеристики мышления обозначается отношение «объект – знак». Как задается объект (проблема существования) – особый разговор, но очевидно, что эксперимент при этом играет фундаментальную и ничем не заменяемую роль. Какие типы и формы знаков используются – тоже отдельная проблема. И то и другое для методики как науки должно быть прояснено и заложено в технику исследований и технологии обучения (см. главу 4).

При познании социальное по природе отношение **А** «объекты – знаки» находит отражение в отношении **В** «образы объектов и операций – образы знаковых форм и операций с ними» (Г. П. Щедровицкий, 1997, с. 578 и др.). Переход от **А** к **В** осуществляется по правилам чувственного отражения: ощущение, восприятие, представление. Все эти аспекты как вариант описания весьма важны для понимания процессов освоения мышления при экспериментировании. При этом освоение мышления понимается как усвоение норм, «опыта рода», как усвоение системы знаний, прежде всего в форме теории (В. В. Мултановский, 1977). Для методики, для макропроцессов обучения важно в полной мере принять, что мышление, социальное по природе, как бы существует само по себе, а в процессах обучения «**присваивается**». Значит, надо искать эффективные формы как его задания, так и процессов присвоения, организации соответствующей деятельности. Экспериментирование как раз такая форма.

Выделение и освоение отношения «объекты – знаки» является стержнем, по нашему мнению, процесса экспериментирования. Объективно (в материальной предметно-преобразующей деятельности) это дает или задаёт мышление как кооперированную, социальную форму существования людей. Это отношение надо в какой-то форме задать и освоить. Над этим фактически и бьются методисты-экспериментаторы (подчеркнем здесь опыт профессора Глазовского госпединститута В. В. Майера) как в выделении или задании объектов экспериментирования, так и в фиксации объектов и результатов их исследования в знаках, в частности в моделях.

Но введение объекта ноосферы (по В. В. Майеру) как фундаментального объекта учебного познания, с одной стороны, открывает для дидактики бесконечный мир объектов творчества, с другой стороны, дает новые возможности эффективного нормирования учебной деятельности, в том числе экспериментирования. Этот объект рукотворный, идеальный. И к нему относится как идеальный газ в физике, так и Печорин в литературе.

- Организация на разных уровнях коллективной творческой деятельности экспериментирования как интеллектуального учебного производства: спецпрактикумы по экспериментированию для школьников, студентов, учителей; творческий специализированный семинар исследователей и ежегодные публикации; воспроизводство деятельности экспериментирования в творческих коллективах методистов и учителей, учителей и школьников и т. д. Словесное изучение предмета легко вырождается в словоблудие, а экспериментирование «лечит» от такой болезни.

4. Системообразующая дидактическая функция деятельности экспериментирования. Экспериментирование объединяет (интегрирует) все фундаментальные практические и интеллектуальные процессы: во-первых, деятельность в форме задания (и тогда освоения) исторически выработанных и сложившихся норм (выбор цели, конкретные детали установки и сборка цепи, процедуры измерений и др.), во-вторых, происходят, очевидно, и задаются, и формируются, и используются такие интеллектуальные процессы, как понимание, мышление, коммуникация. Например, глубоко продуманной является

практика проведения в школе экспериментальных исследований парами, экспериментирование (и конструирование) школьников разного возраста во внеурочной деятельности.

Каждый из интеллектуальных процессов по-своему важен, роли и функции каждого из них должны быть выделены и целенаправленно изучены. В обучении, по-видимому, доминирует **понимание**. Именно в этом процессе рассматриваются все вопросы содержания (например, физического) – термины, понятия, известные законы, принципы деятельности, трактовки и интерпретации, определяются смыслы на основе общего контекста физического мировоззрения, в частности физической картины мира. Так, при экспериментальном изучении фотоэффекта обсуждаются, например, вопросы: К макроявлениям или микроявлениям относится фотоэффект? Всегда ли разрядка электрометра при внешнем фотоэффекте связана с фотоэффектом? Почему не наблюдается фотоэффект при использовании яркой лампочки накаливания? Какое явление описывает закон Эйнштейна для фотоэффекта? (Взаимодействие фотона и электрона.) Какова теоретическая модель фотоэффекта? Важно, что научное понимание при экспериментировании эффективно реализуется лишь тогда, когда построена модель. И здесь полное согласие со значением метода познания.

Декларация формирования (развития), а вообще говоря, присвоения, **мышления** широко известна. Но проблем здесь, хотя бы выделить диагностику, немало. Для нас важно, что мышление а) исторично, б) передаваемо как норма, в) высшее интеллектуальное образование человека, которое должно присваиваться, г) сложное по процессам, которые втягивают в себя знания, процедуры понимания и коммуникации и др. Современное научное мышление нуждается в кооперации, диалогично по форме и существу, поэтому, например, при выполнении лабораторных работ желательна сознательная смена ролей: теоретик – экспериментатор, руководитель – подчиненный. По-видимому, в рамках обучения физике, в том числе и при экспериментировании, формируются различные виды мышления – познавательное, проектное, конструкторско-техническое, управленческое... У них есть специфика в объектах, целях, процедурах, результатах.

По логическому процессу современное научное мышление при обучении задается и осваивается как нормы движения понятий «от абстрактного к конкретному». Отсюда понятен, например, смысл усилий методистов-физиков в построении картины мира, в создании концепции взаимодействий, в реализации принципа генерализации. Получается, что любой учебный эксперимент важен, понимаем, эффективен в рамках некоей мировоззренческой методической парадигмы. (Подобное фиксируется и в истории физики.) Учитель, как активный носитель современного мировоззрения – ключевая составляющая успеха экспериментирования. Надо помочь школьникам с помощью идей и моделей «видеть» не только глазом, но и разумом явление в эксперименте. Подчеркнем: принципиально важно, что экспериментирование над реальными объектами сопровождается экспериментированием над понятиями, а, значит, субъективно, по смыслам – над самим собой. Именно здесь рождается саморазвитие.

Повторим, в обучении естественнонаучное мышление, как некая чистая норма исторически выполненного познания заключается в установлении, освоении (в первом приближении) следующего отношения: физический объект или явление как реальность – знаковое изображение объекта, процедур работы с ним и др. Конечно, в обучении, и конкретно при экспериментировании, объект «приготавливается» учителем, методистом, учебником. Это не страшно с точки зрения целей, хотя и важно избежать искажений, ошибок при таком задании объекта. Но главное – обеспечить переход от объектов к предметам, к построению моделей, к их отражению в знаках, к получению какого эффекта (знания!) на модели. Не случайно специалисты довольно резко говорят о модельном характере современного мышления. Не следует игнорировать при экспериментировании и «чистое мышление» как работу со знаками, например хотя бы при решении задач на «черный ящик», мысленном экспериментировании. Есть острая нужда в методиках по **технике организации** рефлексивной деятельности при постановке учебных экспериментов.

5. Процедуры организации экспериментирования. Для методики остается актуальной проблема выработки современных схем организации экспери-

ментирования при обучении физике. В зависимости от цели, материала, подготовки школьников, форм организации методических **схем может быть несколько**, и на практике они выбираются под ситуацию. Но между собой они должны быть а) согласованы (главное, не противоречить друг другу), б) иерархизированы, хотя бы по полноте развертывания, степени обобщенности.

Например, всё ещё недостаточно развернутых методических процедур организации экспериментирования при освоении метода научного познания по схеме «факты – модель – следствия – эксперимент как практика». Пока эта логическая схема лучше всего задает (вскрывает) управление процессом познания. В случае учебного эксперимента факты «получаются» на пересечении конструирования (идей, приборов, установок и др.) и измерения. Без выбора или построения модели вообще нет эксперимента. И здесь важно изучить как формы задания модели, например гипотезу, так и формы фиксации модели в знаках, схемах, рисунках-изображениях. Вся работа в следствиях – это работа с моделью или моделями. Процедуры работы с моделями плохо выделяются, слабо методически осознаны. Эта работа остается для учащихся рядоположенной с другими действиями, значит, не выделяется и в нужной степени (смысле) не усваивается. Последний этап нас всегда возвращает в «реальность», позволяет задать место полученному эффекту, знанию в системе знаний, позволяет поставить проблемы о другом видении учебной задачи, обсудить неточности решений и др. Все эти процессы есть при экспериментировании, их можно выделить. А значит, искать эффективные методические приемы управления. Заметим, что все это существенно при одном условии: если схема цикла задет современный способ мышления. Это определяется в ходе теоретического анализа, формирования «социального заказа», согласия специалистов, конкуренции идей и т.п. Конструктивное исследование практики обучения физике подтверждает современность освоения физического мышления в форме деятельности по логике цикла познания.

Важно зафиксировать, что творчество продуктивно вырастает в массовой школе в процессе и на основе освоения жестко социализированных культурных норм мышления, мировоззрения, деятельности. И мы убеждены, что сейчас основным и востребованным обществом процессом творческой деятельности является **экспериментирование**. В совместной (коллективной) деятельности экспериментирования школьников и учителя, студентов и преподавателя осуществляется воспроизводство и передача норм творческой деятельности. И хотя основной носитель этих норм – живая деятельность субъекта, но и методологические ориентировки как знаниевые нормы тоже нужны. Отсюда и задачи нормирования всех аспектов деятельности экспериментирования. В нашем случае частично это решено в новом учебнике для средней школы [141–144].

Уже давно общество и государство на основе современных представлений о трансляции опыта рода декларируют в приоритетном порядке задачи воспроизводства творчества, инициативности. А это, прежде всего, практика. Но в образовании, особенно естественнонаучном, продолжает обостряться проблема организаторов этой практики, т. е. учителей и преподавателей. Как в условиях формализации процедур и условий деятельности преподавания (жесткие и доминирующие нормативы ЕГЭ, «меловая физика», разработка бесконечного количества учебно-методических и аттестационно-измерительных материалов по всем курсам...) обеспечить творчество преподавателя? В реальности нет усвоения и воспроизводства даже норм репродуктивной деятельности: индивидуализм тормозит прямую и живую пере-

дачу опыта деятельности, резко сократилась подписка на профессиональные журналы, и Интернет не спасает дела, т. е. даже сузилось поле знаниевой формы передачи опыта.

Считаем, что наиболее эффективными островками развития остаются неформальные творческие группы педагогов и методистов школ и вузов. И их надо пестовать. Яркой и стратегически перспективной является, например, деятельность физиков-экспериментаров Глазовского госпединститута. Там развернуты следующие процессы передачи опыта экспериментирования: в коллективной творческой деятельности запущено целое производство и трансляция новых «объектов ноосферы» в форме учебных экспериментов, разрабатываются методологические и методические ориентировки деятельности экспериментирования в школе и вузе, создаются образцы установок нового поколения учебных экспериментов, новых инструкций и т. д.

б. Практические и интеллектуальные *действия при экспериментировании*. Приведенные выше аргументы доказывают, что весь спектр общеучебных и предметных практических и интеллектуальных умений в большей или меньшей степени формируется (присваивается!) при экспериментировании. Подчеркнем лишь значение практической деятельности рук субъекта образования при экспериментировании для его внутреннего развития, чем явно и все больше пренебрегают в нашей практике. А психологи на этот счет давно поставили все точки.

Заключение. Итак, мы дополнили доказательства фундаментального значения деятельности экспериментирования в обучении, подробнее они развернуты в наших публикациях. И мы убеждены, что получение стратегических педагогических эффектов в формировании мышления и мировоззрения школьников (всех субъектов образования!) невозможно без существенного и приоритетного внимания ко всему комплексу материальных и интеллектуальных проблем экспериментирования как познавательной преобразующей деятельности.

3.3. Экспериментирование как современная деятельность с объектами ноосферы (природные, технические, знаниевые)

Несомненно мы согласны, что мышление конкретно, но это конкретность в смысле «единства во многообразии», т. е. это научная конкретность. Вот почему ниже дан конкретный пример экспериментирования при изучении физического явления. Причем конкретный в разных аспектах рассмотрения – историческом, логическом, методическом, психолого-педагогическом.

Рассмотрим экспериментальное изучение фотоэффекта на основе научного метода познания (см.: Разумовский В. Г., Майер В. В., Стрелков В. М. Экспериментальное изучение фотоэффекта на основе научного метода познания // Физика в школе. 2010. № 2. С. 38-51).

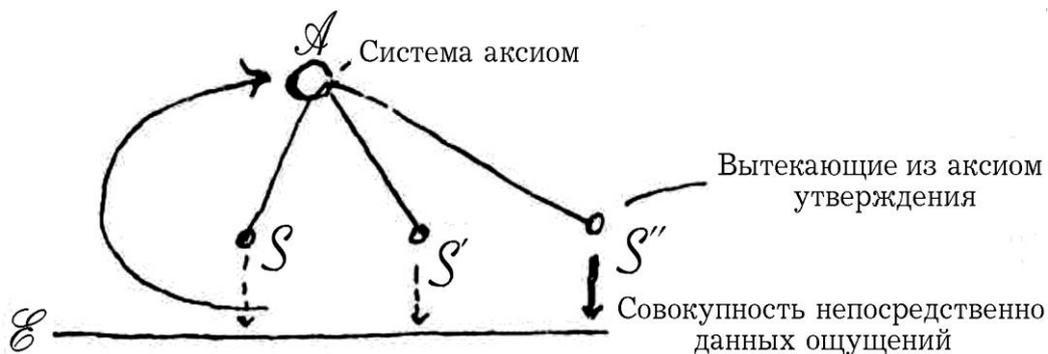
В свете президентской инициативы «Наша новая школа» развитие познавательных и творческих способностей учащихся должно занимать важное место в работе учителя. Введенный в программу научный метод познания должен способствовать этому. Научный метод – это ключ для развития познавательной и творческой инициативы учащихся в процессе обучения. Он позволяет школьникам самостоятельно мыслить и действовать.

Итак, предлагаем методику преподавания учащимся основ метода научного познания при изучении явления внешнего фотоэффекта. Суть современного метода научного познания в физике кратко сформулирована А. Эйнштейном

в 1952 году. Теория фотоэффекта, построенная им в 1905 году, свидетельствует о том, что уже в молодые годы А. Эйнштейн был одним из создателей этого метода. Именно благодаря методу научного познания ему удалось решить проблему, которая была камнем преткновения для развития физики в начале прошлого столетия. Эти факты дают основание надеяться, что учебное исследование явления внешнего фотоэффекта на основе научного метода познания даст возможность школьникам не только объяснить фотоэффект – явление, которое противоречит всему ранее изученному ими о природе света, но и понять разницу между обыденным «здравым смыслом» и научным объяснением явления.

Научный метод познания и теория внешнего фотоэффекта. Современный научный метод познания – это вершина достижений человеческой культуры.

Этот метод прошел долгий исторический путь развития от Платона до Н. Коперника, Г. Галилея, И. Ньютона



и их последователей. Наиболее полное и ясное изложение современного научного метода познания дано А. Эйнштейном.

А. Эйнштейн в 1952 году в частном письме изобразил схему современного научного метода познания (см. рис.) и пояснил ее следующими словами:

«(1) Нам даны \mathcal{E} – непосредственные данные нашего чувственного опыта.

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

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

(4) Утверждения \mathcal{S} сопоставляются с \mathcal{E} (проверка опытом).

Строго говоря, эта процедура относится к внелогической (интуитивной) сфере, ибо отношение понятий, содержащихся в \mathcal{S} , к непосредственным данным чувственного опыта \mathcal{E} по своей природе нелогично» [203, с. 569–570]. Таким образом, А. Эйнштейн показал, что процесс научного познания составляет замкнутый цикл, который начинается с эксперимента \mathcal{E} и кончается экспериментом \mathcal{E} . Он состоит из четырех этапов: 1) сбор экспериментальных данных и постановка проблемы; 2) выдвижение гипотезы-аксиомы; 3) математическое развитие гипотезы, логический вывод из нее следствий; 4) экспериментальная проверка гипотезы и ее следствий.

В этом цикле исследование явлений, догадка об их закономерной связи \mathcal{A} , строгие логические выводы следствий \mathcal{S} и экспериментальная проверка \mathcal{E} тесно связаны. При анализе этой замечательной схемы становится понятной важность интуиции, догадки в научном познании при переходах от опыта к теории и от теории к эксперименту. Ведь именно интуиция приводит к новизне открытия, к творчеству! А. Эйнштейн показал, что аксиомы-гипотезы \mathcal{A} в физической науке выдвигаются исследователями интуитивно на основе выделения и обобщения некоторой группы экспериментальных данных \mathcal{E} , как догадка, а теоретические

выводы ζ из аксиом делаются в соответствии с законами логики, как в математике. Поэтому, с одной стороны, гипотеза обладает познавательной мощью объяснения и предвидения, а с другой стороны, поскольку она строится на догадке, сама требует экспериментальной проверки.

На это обстоятельство обращали внимание многие известные современники А. Эйнштейна. На различную роль интуиции и логики в научном творчестве указывал французский ученый А. Пуанкаре. Он, в частности, писал: «В самой науке интуиция остается, за исключением нескольких привилегированных умов, главным инструментом изобретения, в то время как анализ все более стремится стать единственным законным инструментом доказательства...» (Пуанкаре А. Избранные труды. Т. 3. М.: Наука, 1974. 660 с.).

Между тем учебный процесс чаще всего строится так, что из содержания предмета выбрасываются все проблемы и все «не логичное». Об этом писал академик РАО В. А. Фабрикант: «Вопрос о соотношении между наукой и образованием далеко не прост. Когда мы говорим о высоком научном уровне изложения учебного материала, то зачастую под этим понимаем сугубо логизированную схему результатов развития науки. Однако при этом в учебниках, как правило, тщательно вытравливают следы того реального пути, которым шла наука для получения соответствующих результатов. Тем самым у учащихся создается неверное представление о научном методе. Мы их, по существу, знакомим с методом изложения научных результатов, а не с методом их получения» (Фабрикант В. А. Физика, оптика, квантовая электроника: Избранные статьи. М.: Изд-во МЭИ, 2000. С. 8–9). Обучение школьников научному методу познания помогает решить эту важную проблему.

Виртуозное владение методом научного познания позволило А. Эйнштейну уже в молодые годы построить теорию внешнего фотоэффекта. Попытки современных ему ученых в объяснении внешнего фотоэффекта наткнулись на «противоречие» между фактом дискретности явления фотоэффекта и уже экспериментально доказанной волновой теорией света. Гениальность А. Эйнштейна состояла в том, что он не оказался «в плену» одной гипотезы, которая была доказана экспериментально для оптических явлений по распространению света. Он предположил, что для объяснения возникновения и превращения света нужна другая гипотеза. Вот как он сам об этом писал: «Волновая теория света, оперирующая с непрерывными функциями точки, прекрасно оправдывается при описании чисто оптических явлений и, вероятно, едва ли будет заменена какой-либо иной теорией. Но все же не следует забывать, что оптические наблюдения относятся не к мгновенным, а к средним по времени величинам. Поэтому, несмотря на полное подтверждение экспериментом теории дифракции, отражения, преломления, дисперсии и т.д., может оказаться, что теория света, оперирующая непрерывными пространственными функциями, приведет к противоречию с опытом, когда ее будут применять к явлениям возникновения и превращения света. Я и в самом деле думаю, что опыты, касающиеся «излучения черного тела», фотолюминесценции, возникновения катодных лучей при освещении ультрафиолетовыми лучами и других групп явлений, связанных с возникновением и превращением света, лучше объясняются предположением, что энергия света распределяется по пространству дискретно» (Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т.3. М.: Наука, 1966. С.92–93).

На эту мысль А. Эйнштейна навела «квантовая гипотеза» М. Планка. Вот как он сам позднее об этом говорил: «...Планк показал, что для установления соответствующего опытам закона теплового излучения нужно воспользоваться методом расчета, несовместимость которого с принципами классической механики становилась все более ясной. Этим методом расчета Планк ввел в физику так называемую квантовую гипотезу, которая за прошедшее с тех пор время была блестяще подтверждена» (там же, с. 15). Историей последующих экспериментальных исследований теория А. Эйнштейна была полностью обоснована.

Цикличность научного познания при обучении физике. Схема А. Эйнштейна научного метода познания в целях обучения должна быть конкретизирована. Познание физических явлений реально осуществляется как в теории, так и в эксперименте, которые взаимно дополнительны.

В основе физической теории конкретного явления лежат *факты* – положения, истинность которых установлена в эксперименте и в других теориях. Факты объясняются теоретической *моделью* явления, включающей качественную *физическую* и количественную *математическую* модели. Модель является гипотезой, непосредственное экспериментальное обоснование которой невозможно. Поэтому из модели выводят *следствия*, которые носят как качественный, так и количественный характер и нуждаются в экспериментальной проверке.

Эксперимент также состоит из нескольких этапов. В первую очередь необходимы разработка и создание *условий* эксперимента. Выполнение эксперимента приводит к получению его *результата*. Вслед за этим следуют *анализ* и *интерпретация* полученного результата, дающие новые факты и позволяющие встроить их в существующую систему знаний.



рис. 3.3

Поэтому полный цикл научного познания в физике состоит из двух равноценных компонентов: теории и эксперимента, причем теория включает факты, модель и следствия, а эксперимент – условия, результат, анализ и интерпретацию (рис. 3.3). Методика обучения циклу научного познания должна содержать несколько ключевых моментов.

Во-первых, переход от фактов к модели необходимо осуществлять в совместной деятельности с учащимися, всемерно поощряя самостоятельность школьников в выдвижении правдоподобных гипотез. При этом следует помнить, что если бы в свое время начинающий исследователь А. Эйнштейн оглядывался на признанные авторитеты Юнга, Френеля, Максвелла, то квантовой теории фотоэффекта он бы не создал.

Во-вторых, при переходе от следствий теории к условиям эксперимента необходимо ознакомить учащихся с возможностями современной учебной лаборатории. Тогда школьники смогут догадаться, как нужно поставить опыт, чтобы проверить конкретное следствие теории. Не следует забывать, что именно догадка А. Г. Столетова о необходимости создания таких условий, при которых в явлении фотоэффекта измеряется не разность потенциалов, а фототок, принесла ему мировой успех (Борзяк П. Г. Начальный период истории внешнего фотоэффекта и значение работ Столетова // Успехи физических наук. 1956. Т.58. Вып.4. С.715–747).

В-третьих, система экспериментов, обосновывающих физическую теорию, должна быть разбита на *демонстрационные (Д)*, *лабораторные (Л)* и *внеурочные (В)* опыты, что позволит организовать достаточно эффективный учебно-воспитательный процесс, органично включающий проектную деятельность школьников.

Раскроем содержание цикла научного познания на примере учебной теории и учебного эксперимента, относящихся к явлению внешнего фотоэффекта.

Учебная физическая теория фотоэффекта

1. Факты: существование фотоэффекта. Рассматривают учебные эксперименты, доказывающие факт существования фотоэффекта и позволяющие построить теоретическую модель этого явления.

Опыт 1 (В). Спектр излучения ртутной лампы. Предлагают учащимся с помощью спектроскопа прямого зрения пронаблюдать видимый спектр ртутной лампы, состоящий из слабой красной и ярких желтой, зеленой и фиолетовых линий. Перекрывают световой пучок ультрафиолетовым фильтром и в темноте показывают, что под действием невидимого излучения лист белой бумаги люминесцирует синим светом. Заменяют ультрафиолетовый фильтр оконным стеклом и демонстрируют, что люминесценция бумаги ослабевает, но не прекращается. Делают вывод, что ультрафиолетовый фильтр и оконное стекло

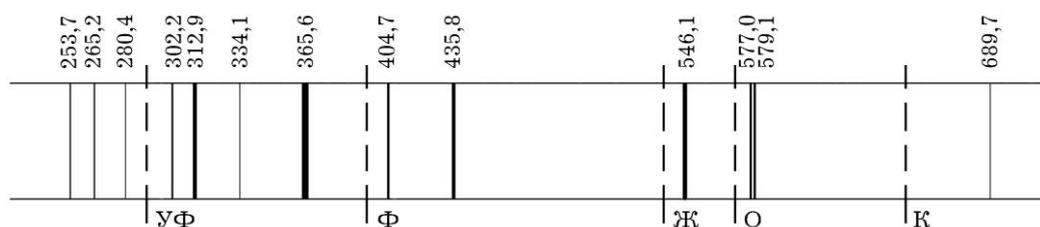


Рис. 3.4

пропускают ближний ультрафиолет. Говорят, что полный спектр ртути тщательно изучен и длины волн спектральных линий надежно измерены (рис. 3.4).

Опыт 2 (В). Спектры пропускания светофильтров. Учащиеся, переключая щель спектроскопа последовательно красным, оранжевым, желтым и фиолетовым светофильтрами, приближенно определяют коротковолновые границы их спектров пропускания (рис. 3.4, пунктир). Используя табличные значения длин волн ртутного спектра: $\lambda_{\kappa} = 691$ нм, $\lambda_{\circ} = 577$ нм, $\lambda_{\text{ж}} = 546$ нм, $\lambda_{\phi} = 405$ нм, по формуле $\nu = c/\lambda$ вычисляют максимальные значения частот света ртутной лампы, пропускаемого светофильтрами: $\nu_{\kappa} = 4,34 \cdot 10^{14}$ Гц, $\nu_{\circ} = 5,20 \cdot 10^{14}$ Гц, $\nu_{\text{ж}} = 5,49 \cdot 10^{14}$ Гц, $\nu_{\phi} = 7,41 \cdot 10^{14}$ Гц. Сообщают школьникам, что наименьшая длина волны, которую пропускает ультрафиолетовый фильтр, $\lambda_{\text{уф}} = 366$ нм, и ей соответствует частота $\nu_{\text{уф}} = 8,20 \cdot 10^{14}$ Гц. Но кроме этой линии в ультрафиолетовой области ртутного спектра имеются только две относительно яркие линии, длины волн которых 254 и 265 нм (рис. 3.4).

Опыт 3 (Д). Влияние света на искровой разряд. Высоковольтный преобразователь подключают к регулируемому источнику стабилизированного напряжения. Выводы преобразователя соединяют с металлическими никелированными шарами. Включают источник питания и увеличивают напряжение до тех пор, пока между шарами не начнет проскакивать искра. Уменьшают напряжение ровно настолько, чтобы разряд прекратился.

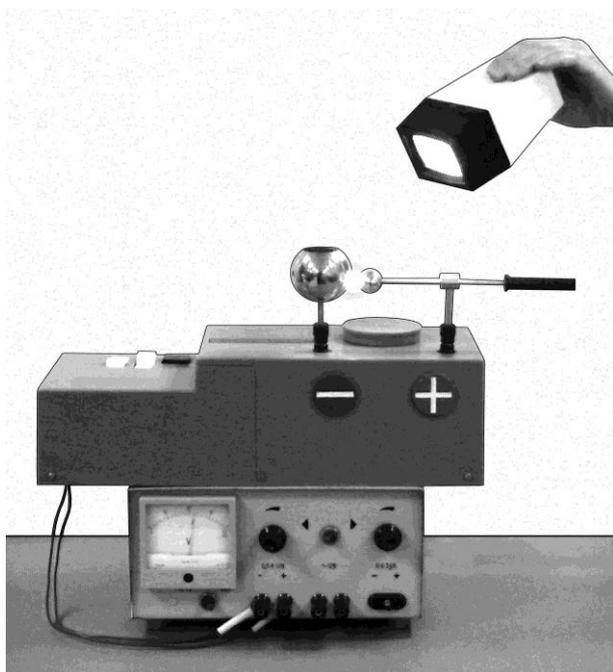


Рис. 3.5

вого разряда (Выгановский Н. И. Несколько демонстраций фотоэлектрических явлений // Физика в школе. 1952. № 1. С.45-49).

Говорят, что аналогичный эксперимент в 1887 году поставил Г. Герц. Обнаруженное им явление позднее получило название *фотоэлектрического эффекта*.

Опыт 4 (Д). Разряд отрицательно заряженного тела. На стержне электрометра располагают никелированный шар и заряжают его отрицательным зарядом. Направляют на шар свет ртутной лампы, и наблюдают, что электрометр разряжается. Перекрывают лампу оконным стеклом – разряд прекращается

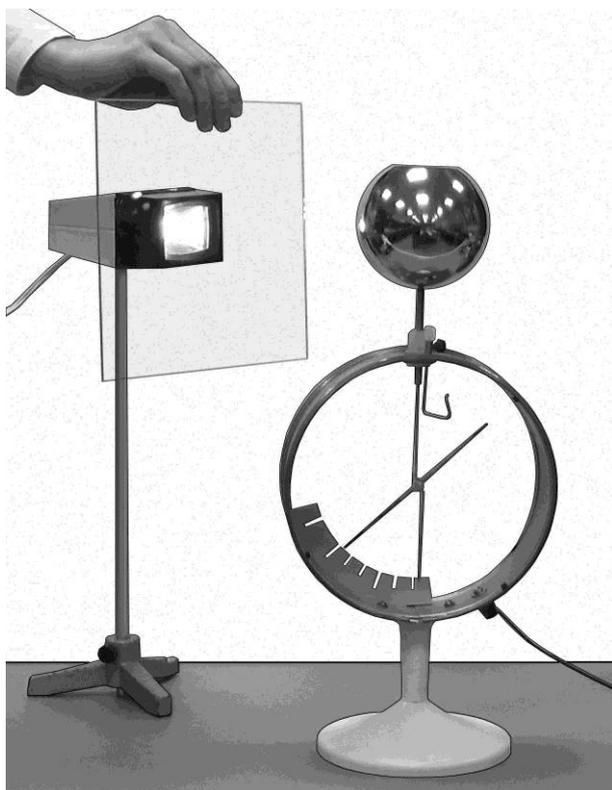


Рис. 3.6

Направляют свет ртутной лампы на отрицательный электрод и обнаруживают, что искровой разряд возобновляется (рис. 3.5). Если световой пучок направить на положительный электрод, перекрыть ладонью, куском оконного стекла или ультрафиолетовым фильтром, то разряд опять прекращается (Шефер Н. И. К изучению опыта Герца // Физика в школе. 2004. № 2. С.31–34).

Так как стекло пропускает видимый свет и не пропускает дальний ультрафиолет, то опыт показывает, что направленное на отрицательный металлический электрод ультрафиолетовое излучение ртутной лампы максимальной частоты способствует появлению искро-

вого разряда (рис. 3.6). Заряжают электрометр положительным зарядом. Вновь освещают никелированный шар ртутной лампой – электрометр не разряжается.

Делают вывод, что обнаружен экспериментальный факт, заключающийся в том, что под действием ультрафиолетового излучения тело теряет отрицательный заряд и не теряет положительный.

Подобный опыт впервые еще в 1888 г. поставил итальянский физик В. Гальвакс. Он, кроме того, обнаружил, что незаряженное тело под действием ультрафиолета приобретает небольшой положительный заряд. В том же году А. Риги создал первый *фотоэлемент*, состоящий из цинковой пластинки и расположенной параллельно ей металлической сетки. В его опытах освещение

фотоэлемента приводило к изменению разности потенциалов между электродами. Наконец, наш соотечественник А. Г. Столетов догадался, что при *фотоэффекте* лучше измерять не разность потенциалов, а возникающий *фототок* и в 1888–1889 гг. провел детальные исследования этого явления.

Опыт 5 (В). Существование фототока. Поверхность цинковой пластинки тщательно зачищают шкуркой. Устанавливают пластинку в держатель из диэлектрика и параллельно ей закрепляют металлическую сетку (Выгановский Н. И. Демонстрация фотоэлектрического эффекта // Физика в школе. 1951. № 1. С. 56–59; Восканян А. Г. Комплект КПФ-1 и опыты по фотоэффекту // Физика в школе. 1988. № 2. С. 56–60). Цинковая пластинка будет катодом, а сетка – анодом получившегося *воздушного фотоэлемента* (рис. 3.7). Подсоединяют фотоэлемент к регулируемому источнику питания через гальванометр, в качестве которого используют мультиметр, переведенный в режим измерения напряжения. Освещают фотоэлемент светом ртутной лампы и постепенно повышают напряжение (рис. 3.8).

Демонстрируют, что с ростом напряжения сила тока вначале увеличивается, но затем ее рост прекращается. Это означает, что достигнут *ток насыщения*. При уменьшении расстояния между лампой и фотоэлементом ток насыщения увеличивается.

Необычное поведение электрического тока в цепи с фотоэлементом обнаружил А. Г. Столетов и доказал, что ток насыщения пропорционален интенсивности света, падающего на фотоэлемент.

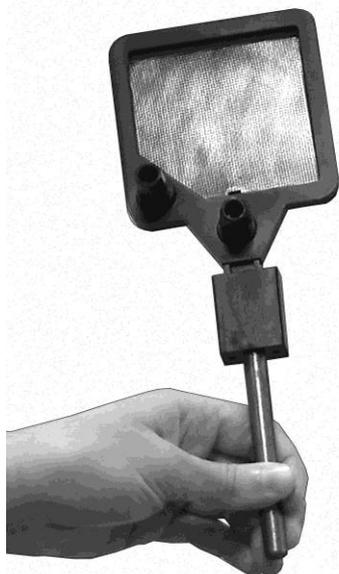


Рис. 3.7



Рис. 3.8

2. Модель явления: теория Эйнштейна. В совместном обсуждении с учащимися выдвигают гипотезу и, используя ее, дают объяснение установленным в эксперименте фактам.

Во всех проделанных опытах фотоэффект наблюдался, когда металл был заряжен отрицательно, то есть имел избыток свободных электронов. При освещении ультрафиолетом металл терял отрицательный заряд. *Интуиция подсказывает, что свет выбивает электроны из металла.* Это может происходить, если допустить, что свет является потоком частиц –

фотонов. В таком случае к явлению фотоэффекта можно попытаться применить *закон сохранения энергии.*

Сами по себе электроны не вылетают из отрицательно заряженного металла, хотя между одноименно заряженными электронами действуют силы отталкивания. Значит, чтобы фотон выбил из металла электрон, его энергия должна быть больше определенного порогового значения:

$$E_{\phi} > A, \quad (1)$$

которое называется *работой выхода* электрона из металла.

Если раскалить металл, то скорость теплового движения возрастет настолько, что электроны станут покидать его. Это явление называется *термоэлектронной эмиссией* и в принципе позволяет определить работу выхода электрона. Подобные и другие эксперименты показали, что по масштабам макромира работа выхода электронов очень мала и составляет по порядку величины единицы электронвольт: для натрия – 2,35 эВ, для цинка – 4,24 эВ, для меди – 4,40 эВ, для никеля – 4,50 эВ.

Вместе с учащимися приходят к выводу, что если фотон выбивает электрон, то часть энергии фотона расходуется на совершение электроном работы выхода, а часть – на сообщение электрону кинетической энергии. Тогда закон сохранения энергии нужно написать так:

$$E_{\phi} = A + \frac{m v^2}{2}. \quad (2)$$

Опыты 3–5 свидетельствуют, что электроны из металлов выбиваются только ультрафиолетовыми фотонами, для которых длина волны меньше, а частота больше чем для видимого света. *Опираясь на экспериментальный факт,* что энергия фотонов возрастает с ростом их частоты, *высказывают предположение,* что в первом приближении можно считать энергию фотонов пропорциональной частоте света:

$$E_{\phi} = h \nu. \quad (3)$$

Из опытов 3 и 4 следует, что фотоэффект с никеля происходит при длине волны света, не превышающей $\lambda_{\max} = 265 \text{ нм}$ (рис. 3.4), которой соответствует частота света

$$\nu_{\min} = \frac{c}{\lambda_{\max}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{265 \cdot 10^{-9} \text{ м}} = 1,13 \cdot 10^{15} \text{ Гц}.$$

Тогда минимальная энергия ультрафиолетовых фотонов, выбивающих электроны из никеля, должна быть равна работе выхода: $h \nu_{\min} = A$. Отсюда коэффициент пропорциональности в формуле (3): $h = A / \nu_{\min} = 6,4 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$.

Учащимся говорят, что экспериментальное обоснование квантовой теории теплового излучения, созданной в 1900 г. немецким физиком М. Планком, дало для *постоянной Планка* значение:

$$h = \frac{A}{\nu} = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}. \quad (4)$$

Теперь закон сохранения энергии для взаимодействия фотон-электрон в металле (2) можно записать в виде

$$h \nu = A + \frac{m v^2}{2}. \quad (5)$$

Сообщают учащимся, что, размышляя о фотоэффекте и сходных явлениях, А. Эйнштейн в 1905 г. *догадался,* что, несмотря на надежно обоснованную многочисленными экспериментами волновую теорию света, можно предположить, что «энергия света распределяется по пространству дискретно», то есть сосредоточена в отдельных частицах – фотонах.

Тогда *физическую модель* фотоэффекта можно представить следующим образом. Поток фотонов падает на металл. Часть фотонов отражается от его поверхности и выбывает из игры. Другая часть поглощается и исчезает, а их энергия расходуется на нагревание металла. Но некоторые фотоны взаимодействуют с электронами. При этом возможны разные ситуации, но если фотон выбивает электрон из металла, то его энергия расходуется только на совершение электроном работы выхода и придание ему кинетической энергии.

Этой физической модели соответствует *математическая модель (5)*, которую принято называть *уравнением Эйнштейна*.

3. Следствия: ожидаемые закономерности фотоэффекта. Обращают внимание учащихся на то, что построенная выше модель – всего лишь догадка, обоснованная правдоподобными рассуждениями. Непосредственное экспериментальное подтверждение этой догадки невозможно, так как нельзя пронаблюдать взаимодействие фотона с отдельным электроном и затем измерить скорость электрона. Чтобы убедиться в правильности модели, нужно вывести такие следствия, которые могут быть проверены экспериментом. К сведению учащихся сообщают, что современный Эйнштейну научный мир отнюдь не сразу с одобрением воспринял его теорию фотоэффекта. Потребовалось почти два десятка лет, чтобы она оказалась экспериментально обоснованной настолько, что стала общепризнанной.

Рассуждая вместе с учащимися, выясняют, каким образом теоретическую модель фотоэффекта можно сравнить с реальностью. При необходимости задают наводящие вопросы: должна ли величина фототока зависеть от интенсивности света? что можно сказать о кинетической энергии выбитых электронов? любые ли фотоны выбивают электроны из данного металла? Так в диалоге получают *основные следствия* модели Эйнштейна.

Если на каждый выбитый электрон приходится один фотон, то чем больше фотонов в световом пучке, тем больше должно быть выбитых электронов. Количество электронов можно определить по силе фототока насыщения, так как при токе насыщения все выбитые в единицу времени светом из катода электроны достигают анода. Число фотонов определяется интенсивностью света. Из теоретической модели фотоэффекта следует, что сила фототока насыщения должна быть пропорциональна интенсивности света, падающего на фотоэлемент.

Из уравнения Эйнштейна (5) вытекает, что кинетическая энергия выбитых светом электронов должна быть пропорциональной частоте света и не должна зависеть от его интенсивности. Кинетическую энергию электронов в учебной лаборатории можно определить только одним способом: создать такое тормозящее электрическое поле, которое задерживает их и возвращает назад на катод. Тогда *задерживающая разность потенциалов U_3* должна

удовлетворять условию:
$$eU_3 = \frac{mv^2}{2}. \quad (6)$$

Уравнение Эйнштейна (5) показывает, что если частота света меньше порогового значения $\nu_{\min} < A/h$, то фотон не может выбить электрон из металла.

Из модели Эйнштейна следует, что время взаимодействия фотона с электроном очень мало, поэтому фотоэффект должен быть практически безынерционным.

Приходят к выводу, что если в эксперименте удастся подтвердить эти следствия и получить значение постоянной Планка, соответствующее другим экспериментам, то модель Эйнштейна будет в достаточной степени обоснована и получит право называться *физической теорией*.



Рис. 3.9

4. Практика учебного физического эксперимента по фотоэффекту

Современная экспериментальная установка. Опыты с воздушным фотоэлементом, с которым работал А. Г. Столетов, дадут не слишком точные результаты. Поэтому целесообразно использовать современный *вакуумный фото-*

элемент, например, типа СЦВ-4 (рис. 3.9) или его аналог. Он состоит из стеклянного баллона, в котором создан глубокий вакуум и расположены два электрода. Катод, выполненный из сурьмы и цезия, нанесен на внутреннюю поверхность баллона и выглядит в виде блестящего слоя. Анод представляет собой петлю из металлической проволоки. Сложный сурмяно-цезиевый катод применяется для того, чтобы уменьшить работу выхода электрона и сделать фотоэлемент чувствительным не только к ультрафиолетовому, но и к видимому свету.

Условимся поданное на фотоэлемент напряжение, при котором анод имеет положительный потенциал относительно катода, называть *прямым*; напряжение, при котором анод фотоэлемента имеет отрицательный потенциал относительно катода, будем называть *обратным*. В соответствии с этим ток через фотоэлемент, текущий от анода к катоду, будем называть прямым, а от катода к аноду – обратным.

На рис. 3.10 представлена функциональная и принципиальная схема экспериментальной установки для исследования фотоэффекта. Свет от источника 1 проходит через светофильтр 2 и попадает на фотоэлемент 3. В верхнем положении переключателя SA1 включен только потенциометр R1 и на фотоэлемент подается прямое напряжение. Величина прямого напряжения регулируется потенциометром R1 от нуля до максимального значения, которое дает источник. В нижнем положении переключателя на фотоэлемент подается обратное напряжение, а последовательно с потенциометром включен резистор R2. Сопротивление этого

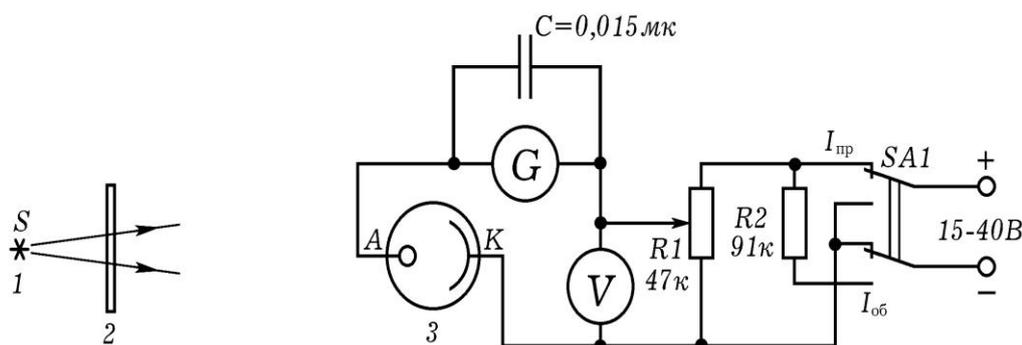


Рис. 3.10

резистора примерно в два раза больше, чем потенциометра, поэтому наибольшее значение обратного напряжения примерно в три раза меньше, чем прямого. Вольтметр измеряет напряжение

на потенциометре, гальванометр измеряет силу фототока. Параллельно гальванометру включен конденсатор С, снижающий помеху сетевого напряжения частотой 50 Гц.

В качестве гальванометра можно использовать мультиметр типа М-838, переведенный в режим вольтметра. В таком режиме его внутреннее сопротивление составляет 1 МОм, следовательно, когда мультиметр показывает напряжение 1 мВ, через него идет ток силой $1 \text{ мВ} / 1 \text{ МОм} = 1 \text{ нА}$. Если взять другой мультиметр, например, типа DT9207A, то в режиме вольтметра его внутреннее сопротивление 10 МОм и, когда он показывает напряжение 1 мВ, сила тока, идущего через него, составляет 0,1 нА.

Прежде чем идти дальше, нужно исследовать сам вакуумный фотоэлемент.

Опыт 6 (Д). Существование внешнего фотоэффекта. Подают на фотоэлемент прямое напряжение и направляют на него свет. При этом появляется электрический ток. Изменяют полярность напряжения на фотоэлементе на противоположную и демонстрируют, что фототок уменьшается практически до нуля. Отсюда следует, что фототок появляется за счет выбивания светом электронов из катода (см. рис. 3.11).

Опыт 7 (Л). Прямая вольтамперная характеристика фотоэлемента. Вольтамперная характеристика фотоэлемента – это зависимость силы фототока от напряжения на фотоэлементе при постоянной интенсивности света, падающего на фотоэлемент.

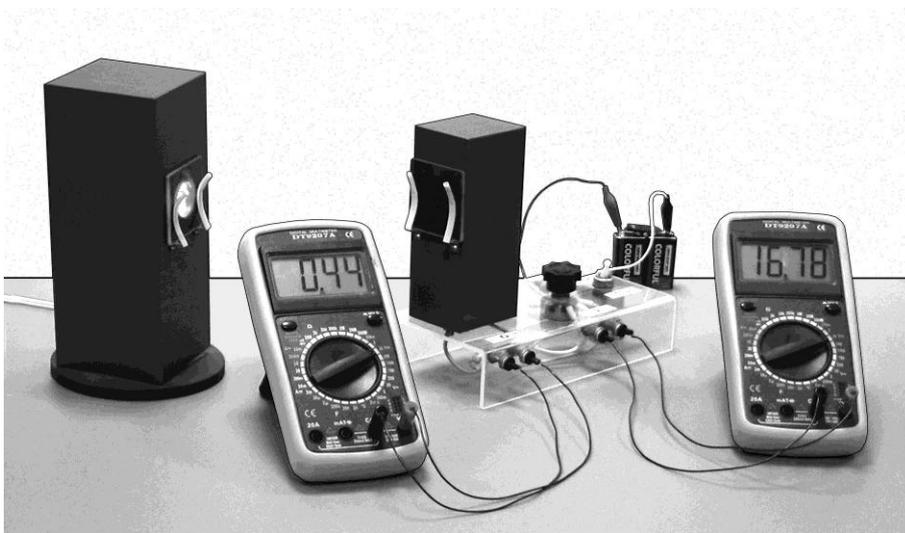


Рис. 3.11

Направляют на фотоэлемент свет и постепенно повышают прямое напряжение от нуля. Вводят значения напряжения и соответствующие им значения силы тока в компьютерную программу Excel (электронные таблицы). Получают график (рис. 3.12), из которого видно, что сначала фототок растет быстро, затем его рост прекращается, достигнув значения тока насыщения.

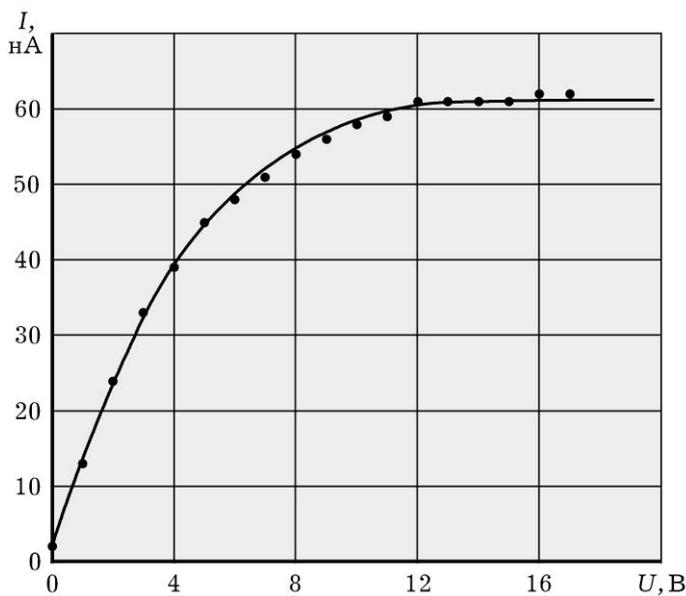


Рис. 3.12

Объясняют его тем, что при малых напряжениях не все вылетевшие из катода электроны достигают анода. При достаточно больших напряжениях все фотоэлектроны попадают на анод. Поэтому ток насыщения характеризует число электронов, выбитых светом в единицу времени с поверхности катода.

Опыт 8 (Л). Нулевой ток фотоэлемента. Устанавливают нулевое напряжение на фотоэлементе и уменьшают предел измерения (то есть увеличивают чувствительность) гальванометра. При этом обнаруживают небольшой прямой ток. Делают вывод, что даже при отсутствии напряжения на фотоэлементе небольшая часть электронов, выбитых светом с катода, попадает на анод.

Опыт 9 (В). Обратная вольтамперная характеристика фотоэлемента. Подают на фотоэлемент обратное напряжение и, увеличивая его в пределах от 0 до примерно 2 В, определяют соответствующие значения тока. Обнаруживают, что, начиная с некоторого значения обратного напряжения, через фотоэлемент течет обратный ток! С помощью компьютера строят соответствующую вольтамперную характеристику (рис. 3.13) и делают вывод, что она подобна прямой, причем обратный ток насыщения существенно меньше прямого.

Объясняют обнаруженную закономерность тем, что внутри баллона фотоэлемента в вакууме вещество катода испаряется и частично оседает на аноде. При освещении фотоэлемента свет внутри баллона рассеивается и при любых условиях частично попадает на анод, вызывая выбивание с него электронов. При больших прямых напряжениях эти электроны возвращаются обратно на анод и не влияют на прямой ток. При обратных напряжениях выбитые с анода электроны попадают на катод, образуя обратный ток. Так как этих электронов сравнительно мало, то уже при небольших обратных напряжениях обратный ток достигает насыщения.

Результирующий обратный фототок I , который измеряется гальванометром, есть сумма прямого $I_{пр}$ и обратного $I_{об}$ токов, показанных на рис. 3.13 пунктиром. Площадь анода фотоэлемента значительно меньше площади катода, поэтому количество выбитых с анода электронов существенно меньше, чем с катода.

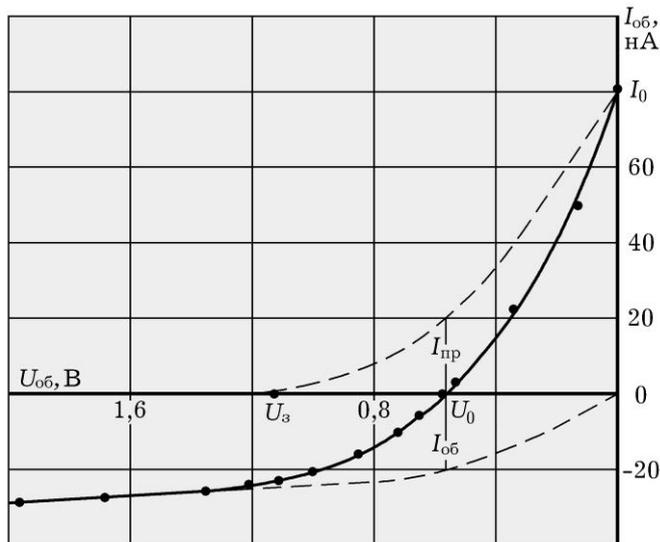


Рис. 3.13

ности потенциалов U_s по вольтамперной характеристике фотоэлемента (рис. 3.13) затруднительно. Замечают, что при изменении обратного напряжения от 0 до U_0 обратный ток возрос от 0 до $I_{об}$ и стал равен прямому $I_{пр}$. Высказывают предположение, что прямой и обратный токи при изменении обратного напряжения изменяются одинаково, так как они определяются главным образом площадью поверхности анода фотоэлемента. Тогда для уменьшения прямого тока до нуля, обратное напряжение нужно увеличить еще на U_0 , то есть сделать в два раза больше, чем U_0 .

Практика: Результат эксперимента и обоснование законов фотоэффекта.

Опыт 11 (Л). Зависимость тока насыщения от интенсивности света. Подают на фотоэлемент прямое напряжение. Измеряют ток насыщения при различных расстояниях l от источника света до фотоэлемента, строят график зависимости тока насыщения $I_{прн}$ от величины $1/l^2$, пропорциональной интенсивности света, и убеждаются, что фототок насыщения пропорционален интенсивности света (рис. 3.14).

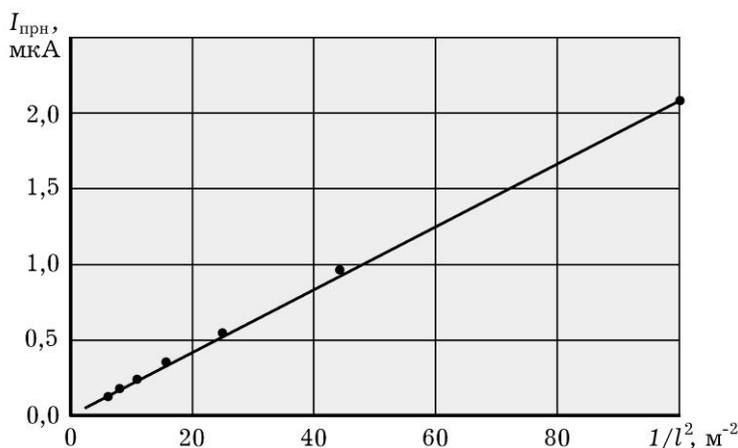


Рис. 3.14

Опыт 12 (Д). Зависимость кинетической энергии электронов от интенсивности света.

На фотоэлемент подают обратное напряжение и измеряют его значение U_0 , при котором фототок равен нулю (см. рис. 3.13). Изменяют расстояние от источника света до фотоэлемента и убеждаются, что это напряжение U_0 , а следовательно, и задерживающее напряжение $U_s = 2U_0$ практически не зависит от интенсивности света. Делают вывод, что кинетическая энергия электронов не зависит от интенсивности света, так как она определяется задерживающим напряжением, которое не меняется с изменением интенсивности.

Опыт 13 (Л). Зависимость кинетической энергии электронов от частоты света.

Ртутную лампу снабжают последовательно оранжевым, желтым, фиолетовым и ультрафиолетовым светофильтрами. Измеряют обратные напряжения U_0 , при которых фототок обращается в нуль, и умножая полученные значения на 2 (опыт 10), определяют задерживающие

По мере увеличения обратного напряжения между анодом и катодом фотоэлемента не только уменьшается ток прямых электронов, но и растет ток обратных электронов. Когда эти токи становятся равными, общий фототок обращается в нуль. Очевидно, это значение обратного напряжения U_0 меньше задерживающего U_s (Фетисов И. Н. К изучению в физпрактикуме зависимости энергии фотонов от частоты излучения // Известия вузов. – Физика. 1985. № 9. С.113–114). Но во сколько раз?

Опыт 10 (В). Задерживающая разность потенциалов. На фотоэлемент подают обратное напряжение и убеждаются, что определение задерживающей разности потенциалов U_s по вольтамперной характеристике фотоэлемента (рис. 3.13) затруднительно.

напряжения U_3 для максимальных частот соответствующих спектров испускания (рис. 3.4). По полученным результатам строят график зависимости задерживающего напряжения от частоты света. Убеждаются, что график представляет собой прямую линию (рис. 3.15). Делают вывод, что кинетическая энергия фотоэлектронов пропорциональна частоте света.

Учитывая формулу (6), уравнение Эйнштейна (5) записывают в виде

$$h\nu = A + eU_3. \quad (7)$$

Если частота света увеличится на $\Delta\nu$, то $h(\nu + \Delta\nu) = A + e(U_3 + \Delta U_3)$. Вычитая из этого уравнения предыдущее, для постоянной Планка получают выражение

$$h = e \frac{\Delta U_3}{\Delta\nu}. \quad (8)$$

Подстановка сюда экспериментальных данных из графика (рис. 3.15) $\Delta U_3 = 1,2$ В и $\Delta\nu = 3 \cdot 10^{14}$ Гц дает для постоянной Планка значение $h = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,2 / 3 \cdot 10^{14} = 6,4 \cdot 10^{-34}$ Дж·с при погрешности измерений порядка 10%.

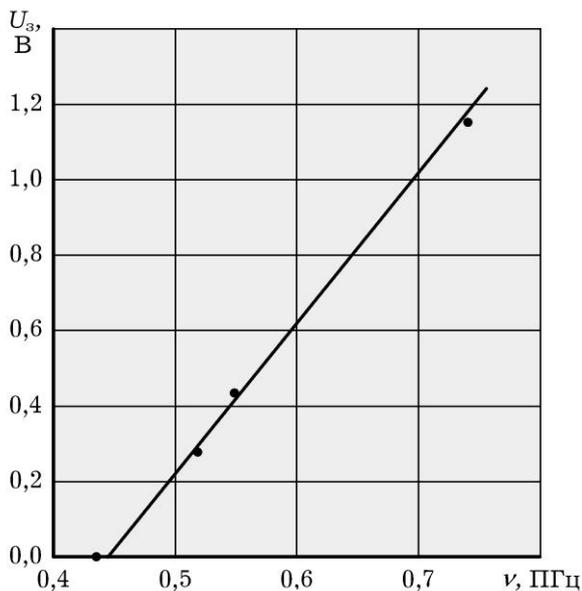


Рис. 3.15

Опыт 14 (Д). Красная граница фотоэффекта. Перекрывают источник белого света последовательно фиолетовым, зеленым, желтым, оранжевым и красным светофильтрами и обнаруживают, что, когда на фотоэлемент падает красный свет, фототок отсутствует. Делают вывод, что при уменьшении частоты света достигается такое ее значение, при котором фотоэффект прекращается.

Опыт 15 (Д). Безынерционность фотоэффекта. В установке, схематически изображенной на рис. 3.10, параллельно высокоомному гальванометру подключают осциллограф и подают на фотоэлемент прямое напряжение. Направляют на фотоэлемент свет от светодиода, соединенного с генератором звуковой частоты. Увеличивают частоту генератора до десятков килогерц и на экране осциллографа наблюдают

соответствующую осциллограмму. Делают вывод, что фотоэффект происходит за время, не превышающее, по крайней мере, тысячных долей секунды. Сообщают, что точные эксперименты показали, что время появления фотоэффекта гораздо меньше – не более единиц наносекунд.

Анализ и интерпретация результата эксперимента. Анализируя условия и результаты опытов, делают вывод, что в эксперименте непосредственно доказаны следующие положения:

- 1) при неизменном спектральном составе сила фототока насыщения прямо пропорциональна интенсивности света, падающего на фотокатод;
- 2) задерживающая разность потенциалов фотоэлемента прямо пропорциональна частоте света и не зависит от его интенсивности;
- 3) для каждого металла, из которого изготовлен катод, существует такая максимальная длина волны, при которой еще наблюдается фотоэффект;
- 4) фотоэффект практически безынерционен.

Эти положения являются следствиями предложенной Эйнштейном теоретической модели явления фотоэффекта. Исторически некоторые из рассмотренных выше экспериментов были поставлены задолго до того, как Эйнштейн предложил свою теорию. Поэтому доказанные экспериментально положения

получили название *законов фотоэффекта*. После создания и экспериментального обоснования теории их можно сформулировать на языке теории.

Практика: понимание законов фотоэффекта

1. Количество электронов, выбитых светом из металла, прямо пропорционально числу падающих на него фотонов.

2. Кинетическая энергия фотоэлектронов прямо пропорциональна частоте фотонов и не зависит от их количества.

3. Для каждого металла существует такая минимальная частота фотонов, при которой еще происходит выбивание ими электронов.

4. Время взаимодействия фотона с электроном не превышает 10^{-9} с.

Эти законы подтвердили справедливость теоретической модели Эйнштейна. Однако исторически существовали и альтернативные модели. Предполагалось, что свет как электромагнитная волна вызывает вынужденные колебания электронов. Тогда кинетическая энергия электронов должна бы зависеть от интенсивности света, а фотоэлектроны должны бы появляться спустя заметное время после начала облучения катода светом. Это противоречит второму и четвертому законам фотоэффекта. Допускалось также, что световая волна выполняет роль спускового механизма, запускающего вылет электрона из металла. Но в этом случае непонятно, почему кинетическая энергия электронов пропорциональна частоте света и слабо зависит от температуры металла.

Сообщают учащимся, что были поставлены эксперименты, прямо доказывающие, что при фотоэффекте из вещества вылетают электроны (П. Ленард и Дж. Дж. Томсон, 1898 г.) и что взаимодействие света с электронами носит дискретный характер (А. Ф. Иоффе, 1913 г.). Уравнение Эйнштейна экспериментально обосновано Р. Милликеном (1916 г.). Точное значение постоянной Планка в явлении фотоэффекта определили П. И. Лукирский и С. С. Полежаев (1928 г.).

Для эйнштейновской теории фотоэффекта в высшей степени характерна познавательная мощь объяснения и предвидения. Из нее следует, что внешний фотоэффект имеет место для любых веществ, кроме внешнего существует и внутренний фотоэффект, тормозное рентгеновское излучение в определенном смысле обратное фотоэффекту; при взаимодействии рентгеновского фотона и свободного электрона они ведут себя подобно упругим шарикам и т. д.

Таким образом, теория А. Эйнштейна всесторонне обоснована многочисленными экспериментами и объясняет большое количество различных явлений. Из нее со всей очевидностью следует, что свет наряду с волновыми (частота!) обладает и корпускулярными (дискретность!) свойствами. Этот вывод имеет громадное значение не только для оптики, но и для всей физики.

3.4. Экспериментальная подготовленность учителя физики как стратегический ресурс развития физического образования *

Инициатива Президента России «Наша новая школа» нацеливает государство на развитие в первую очередь отечественного школьного образования, поскольку «оно представляет собой один из определяющих этапов жизни человека, является решающим как для индивидуального успеха, так и для долгосрочного развития всей страны». В проекте «Наша новая школа» предполагается: 1) обновление школьных образовательных стандартов; 2) создание совре-

* См. полнее работы [63–65, 70 и др.].

менной школьной инфраструктуры; 3) обеспечение условий для развития здоровья детей; 4) создание системы поддержки талантливых детей; 5) развитие ученического потенциала.

Первый шаг сделан: разработан «Федеральный государственный образовательный стандарт общего образования» – стандарт второго поколения. Фундаментальной основой его является *системно-деятельностный (компетентностный) подход*, который, в частности, предполагает *постоянную внутреннюю мотивацию личности к учению, стремление к познанию, рефлексивность, критическое мышление, самостоятельность в конструировании собственного знания, способность получения нового знания*.

Учебные заведения должны гарантировать при освоении учащимися учебного предмета достижение таких планируемых результатов обучения, как *знания, умения, компетенции, опыт творческой деятельности*. Предметные знания и умения, отражающие требования к результатам обучения, в частности, включают: *знания о сущности и особенностях объектов и явлений действительности; понимание причинно-следственных, функциональных и иных связей и взаимозависимостей предметов, их объективной значимости; владение базовым понятийным аппаратом; применение приобретенных умений, навыков и знаний для решения различных типичных жизненных ситуаций*.

В процессе итоговой аттестации оценке подлежит способность выпускников к решению учебно-практических задач посредством: 1) системы научных знаний и представлений о природе, обществе, человеке, знаковых и информационных системах; 2) умений учебно-познавательной, исследовательской, практической деятельности, а также обобщенных способов деятельности; 3) коммуникативных и информационных умений. Портрет выпускника помимо прочих параметров включает *мотивированность к труду, познанию и творчеству, обучению и самообучению на протяжении всей жизни, способность принимать самостоятельные решения и отвечать за них*. Важнейшей новацией стандарта второго поколения является четкое определение содержания инвариантной части базисного образовательного плана и включение в вариативную часть обязательного раздела «Внеурочная деятельность».

Считаем, что **выделенные положения в первую очередь должны характеризовать не ученика, а учителя физики**, поскольку никто не в состоянии сформировать «мотивированность к учению, познанию и творчеству», если сам ими не обладает.

Исследования педагогов, социологов, психологов показывают, что если в начальной школе около трети учеников способны решать творческие задачи, то в старшей школе их количество снижается почти на порядок и для выпускников эта цифра составляет не более 3% от общего количества учащихся*. Очевидно, что интерес учащихся к физике в старшей школе существенно ниже, чем в основной, а при отсутствии интереса нет и способностей к творчеству. Поэтому ограничимся **анализом фундаментальных проблемам изучения физики в старшей школе**.

Основной причиной столь катастрофического положения с развитием творческого потенциала при изучении физики является *неудовлетворительное состояние дел с учебным физическим экспериментом*. Действительно, для школьника главное отличие физики от других школьных дисциплин – это наличие опытов на уроках. Нет опытов, следовательно, нет и физики, а вместо нее имеется навевающий скуку предмет, состоящий из умозрительных рассуждений, малопонятных определений, разрозненных формул, толстого учебника и

* Хуторской А. В. Педагогические средства реализации эвристического потенциала образования // Педагогика. 2009. № 3. С. 17–24.

невероятно большого количества задач, или, точнее, упражнений, без решения которых якобы невозможно усвоить физику.

Нет нужды доказывать, что в современной российской школе уровень учебного физического эксперимента ниже, чем в советской школе. Такое положение не случайно. Если в завершающей фазе советского периода школы были насыщены учебным физическим оборудованием, пусть и невысокого качества, но все же обеспечивающим предусмотренное программой экспериментальное изучение большинства физических явлений, то в постсоветской действительности в школах просто нет физических приборов, полностью удовлетворяющих элементарным дидактическим требованиям. Хуже, впрочем, другое: сформировались поколения учителей физики и руководителей образования, убежденных, что полноценное обучение возможно без натурного учебного физического эксперимента, и готовых активно отстаивать это убеждение.

Еще раз повторим: такое положение не могло возникнуть спонтанно, были приложены осознанные усилия, чтобы разрушить даже то немногое, что было создано раньше. Приведем лишь несколько примеров. Рассуждали так: физика наука милитаристская, Россия ни с кем враждовать не хочет, следовательно, физику в школе нужно сократить (Гладун А. Д. Педагогические раздумья физика. М.: МФТИ, 2005. С. 92). Другая аргументация: компьютер дешевле учебного физического оборудования, а позволяет не только наблюдать физические опыты на экране, но и печатать бухгалтерские отчеты, поэтому вместо учебных приборов, которые используются раз или два в году, лучше купить компьютер, который будет работать ежедневно. Третий подход: создание новых учебных приборов и доказательных экспериментов – это не высокая педагогическая наука, а презренная техника, которой должны заниматься технократы.

Современный человек существует в *ноосфере*, которая включает в себя естественную и искусственную (рукотворную или вторую) природу. Поэтому школьник и учитель на уроках и в повседневной жизни имеют дело с естественными и искусственными объектами, воспринимают естественные и искусственные явления. Точно в такой же ситуации всегда находились и сейчас находятся ученые, занимающиеся физической наукой.

При изучении физики и вообще естественнонаучных дисциплин *объектом учебного познания необходимо считать не готовые знания, понятия, теории основ физической науки, а объекты и явления ноосферы*. Сходный подход отстаивал известный специалист в дидактике физики И. Г. Пустильник: «В учебном процессе естественнонаучные понятия являются результатом и инструментом познания явлений природы в совместной деятельности учащихся и учителя» [97, с. 7]. И далее: «...если ученик является познающим субъектом, то объектом его познания является реальная действительность – природа и ее явления» (добавим: объекты и явления искусственной природы, например, трансформатор, транзистор, лазер, переменный ток, ультразвук, электромагнитное излучение). И далее: «В этом отношении мы не разделяем мнения о том, что ученик изучает действительность опосредованно, через готовые научные знания и теории, по крайней мере в естествознании» [97, с. 10].

Это отнюдь не означает отказа от изучения теорий и замену их экспериментом. Напротив, учебное экспериментальное исследование явлений природы обеспечивает и усвоение физической теории, и развитие физического мышления, поскольку полная физическая теория обязательно в диалектическом единстве включает в себя как физический эксперимент, так и методологию физической науки. Подчеркнем еще раз: именно с целью более глубокого овладения *учебными вариантами физических теорий* необходимо наблюдение реальных

физических объектов и явлений в демонстрационных опытах и в окружающей действительности, самостоятельное выполнение и тщательное освоение учебного физического эксперимента.

Согласно частнометодическому принципу единства исторического и логического в школьном курсе физики **должны быть представлены историко-методологические знания**. Реализация этого принципа не может ограничиваться лишь рассуждениями о том, как то или иное знание тем или иным ученым было получено. Углубление интереса к изучению физики у школьников будет достигнуто, если на уроках будут использованы такие элементы учебной физики, которые позволяют воспроизвести исторически значимые для физической науки исследования. При этом существенно **не копирование архаичных экспериментальных установок**, а использование идей экспериментов, в свое время обеспечивших ученым получение нового знания. Любое физическое исследование всегда представляет собой единство теоретических и экспериментальных методов. Поэтому воспроизведение на уроке исторически значимого исследования приобщит учащихся к творческой лаборатории ученого, будет способствовать освоению ими экспериментального и теоретического методов познания реальной действительности.

Процесс учебного познания носит циклический характер и осуществляется в совместной учебной деятельности учителя и учащихся [136]. На уроке при демонстрации опыта учитель осуществляет экспериментальный познавательный цикл: условия – результат – анализ – теория. Если этого не происходит, эксперимент воспринимается учащимися как фокус или иллюстрация умозрительных рассуждений. Эксперимент носит доказательный характер, если он объяснен теорией. На уроке, посвященном изучению физической теории, осуществляется теоретический познавательный цикл: факты – модель – следствия – эксперимент. Справедливость теории доказана, если она обоснована экспериментом. Если этого нет, то теория воспринимается школьниками как далекое от жизни чужеродное знание.

Таким образом, на любом полноценном уроке физики учебная теория и учебный эксперимент взаимодействуют в органическом единстве. При этом **общение учителя и учащихся на уроке носит характер взаимодействия людей, увлеченно изучающих реальные объекты и явления**. Наиболее приемлемая форма такого общения – диалог, в котором эксперимент стимулирует рождение теории, а теория предугадывает результаты опытов. В процессе него в сознании учащихся возникают противоречия между сложившимися представлениями о реальности и новыми фактами, гипотезами, моделями. Преодоление этих противоречий ведет к формированию физических понятий, получению твердых знаний, освоению физических теорий, совершенствованию учебных умений, развитию физического мышления и интеллекта учащихся, повышению интереса и мотивации к изучению физики, приобретению привычки учиться. Разработка моделей таких уроков представляет собой актуальную задачу дидактики физики.

Очерченная деятельность невозможна для учителя, недостаточно подготовленного в экспериментальном отношении. *Экспериментальная подготовленность* – это ведущая компетенция учителя физики, включающая три взаимосвязанных и примерно равнозначимых компонента: 1) глубокое осознание роли физического эксперимента в научном познании; 2) развитый интерес к учебному физическому эксперименту; 3) сформированные экспериментальные умения. Кратко рассмотрим содержание этих компонентов.

Осознание роли эксперимента в научном познании означает понимание учителем, что физическая теория в неразрывном единстве включает в себя теоретический и экспериментальный компоненты, которые симметричны и одинаково значимы. Он глубоко усвоил структуру теории (факты – модель – следствия – эксперимент) и структуру эксперимента (условия – результат – анализ – теория). Учитель понимает необходимость экспериментального обоснования фактов, т. е. экспериментального доказательства существования физиче-

ских явлений и определения физических констант, лежащих в основе теории; осознает необходимость обоснования следствий теории, т. е. экспериментального доказательства справедливости функциональных зависимостей между физическими величинами, а также возможности практического использования физических явлений.

Интерес к учебному физическому эксперименту проявляется в том, что учитель практически на каждом уроке физики показывает школьникам демонстрационные опыты, обеспечивает качественное выполнение ученических и лабораторных экспериментов, активно ищет информацию об учебных опытах на бумажных и электронных носителях, составляет базу данных по учебному эксперименту, систематически самостоятельно и совместно с учениками ставит субъективно новые опыты, стремится к получению объективно новых результатов в учебном эксперименте.

Экспериментальные умения учителя сформированы, если он в состоянии быстро и качественно готовить демонстрационные опыты и лабораторные работы, владеет современной экспериментальной техникой школьного кабинета физики, освоил компьютерные технологии учебного физического эксперимента, владеет информационными ресурсами, в состоянии изготовить физический прибор, собрать экспериментальную установку и выполнить школьный эксперимент по любой из опубликованных в отечественной научно-методической печати статей.

Из стандарта второго поколения следует, что школьный учебник физики должен показывать учащимся красоту и значимость физических явлений окружающей их естественной и искусственной природы, побуждать школьников к изучению и исследованию этих явлений, знакомить с методами теоретического и экспериментального исследования, учить физическим доказательствам, раскрывать содержание и сущность учебных вариантов фундаментальных физических теорий, развивать физическое мышление, формировать основы метода научного познания, закладывать базу для последующего изучения физики и при решении всех этих задач доставлять удовольствие и радость от общения с физикой. Как уже отмечалось, в настоящее время в отечественной школе в качестве элемента знаний, вокруг которого осуществляется группировка учебного материала, выбрана физическая теория. К сожалению, на практике физическая теория в школьном курсе физики нередко подменяется примитивной математической моделью, которая в свою очередь ограничивается набором формул. Поскольку нет экспериментального обоснования ни фактов, на основе которых построена модель, ни вытекающих из модели следствий, постольку нет и физической теории.

Согласно стандарту второго поколения школа должна быть укомплектована учителями физики, «имеющими базовое образование, соответствующее профилю преподаваемой дисциплины, и необходимую квалификацию, способными к инновационной профессиональной деятельности, обладающими необходимым уровнем методологической культуры и сформированной готовностью к непрерывному процессу образования в течение всей жизни».

Основой стандарта второго поколения является «согласованный общественный заказ на воспитание поколения граждан страны, владеющих знаниями, навыками и компетенциями, позволяющими активно и эффективно действовать в условиях инновационной экономики». В соответствии с общественным заказом важнейшей целью модернизации физического образования в стране является повышение его *эффективности*. Это означает, что одни и те же знания, навыки и компетенции школьника должны быть сформированы за меньшее время, с меньшими материальными и интеллектуальными затратами. Нетрудно видеть, что рост эффективности системы физического образования достигается повышением временной, материальной и интеллектуальной *доступности элементов учебной физики*, которыми должны овладеть учащиеся. Напомним, что полный элемент учебной физики включает учебную физическую теорию, учебный физический эксперимент и методику, обеспечивающую их усвоение в процессе учебного познания, моделирующего метод научного познания в физике [136, с. 154].

Все три компонента, составляющие целостный элемент учебной физики, таковы, что могут и должны быть *предметом научных исследований в сфере дидактики физики*. Следовательно, необходимы дидактические исследования

физических теорий с целью создания и обоснования их учебных вариантов. Аналогичным образом необходимы дидактические исследования научных физических экспериментов, приводящие к созданию учебных физических экспериментов. Фактически же в дидактике физики исследуются объекты и явления ноосферы (то есть естественной и искусственной природы, непосредственно окружающей человека) с целью получения ответов на вопросы: нужно ли изучать их в школе? возможно ли это изучение? как нужно их изучать? Ответ на последний вопрос дает конкретная методика, которая разрабатывается в процессе дидактического исследования существующего учебного процесса.

Итак, именно учебный физический эксперимент является той областью, которая представляет интерес как для учителя, так и для учащегося и в принципе допускает получение не только субъективно, но и *объективно новых результатов*. Иными словами, именно учебный физический эксперимент позволяет организовать в условиях современной школы продуктивную учебно- и научно-исследовательскую *проектную деятельность* учителя и ученика в сфере дидактики физики. При этом целью учителя является создание новых или совершенствование известных элементов учебной физики и обоснование эффективности использования их в учебном процессе, а целью ученика является исследование явлений и объектов ноосферы, конструирование физических приборов и экспериментальных установок, обеспечивающих учебное познание этих явлений и объектов.

Дидактика физики, являясь педагогической наукой, относительно самостоятельна. Она включает учебную физику, методы обучения и учебную деятельность, причем, **с нашей точки зрения**, системообразующим элементом является учебная физика. Именно поэтому основной целью исследований в дидактике физики является совершенствование известных и создание новых элементов учебной физики – учебной физической теории, учебного физического эксперимента и методики их изучения. Подмена этой цели интерпретацией педагогических теорий применительно к изучению физики в школе, как показывает отечественный опыт, ведет к стагнации в физическом образовании.

Вывод. Стратегическим ресурсом для успешной реализации требований образовательного стандарта второго поколения в области физического образования является *достаточная экспериментальная подготовленность учителя физики*. Именно она позволит наполнить инновационным содержанием не только уроки физики, но и внеурочную деятельность, на которую стандарт отводит примерно 10 часов в неделю (в старшей школе инвариантная часть базисного плана будет составлять 35%, а вариативная – 65%). Для обеспечения экспериментальной подготовленности необходимы организация соответствующей подготовки будущих учителей в педагогических вузах и последующее непрерывное повышение квалификации в этой области деятельности

* *
*

В главе доказана необходимость, острая актуальность и дидактическая эффективность формирования экспериментирования как ведущей учебной деятельности в школе XXI века.

Глава 4. Моделирование как стратегический ресурс развития физического образования

Историческим является только то, что содержит извлеченный опыт, исключая повторение одного и того же.

М. Мамардашвили

Моделями наполнено всё содержание школьного курса физики, а моделирование – фундаментальная учебная деятельность по усвоению норм культуры.

4.1. Дидактический потенциал использования моделей в методике обучения физике

1. Современные представления о моделях. Гипотеза и модель – разные эпистемологические единицы, несущие свой собственный смысл. В известном принципе цикличности эти позиции разделены и согласованы. Одно дело, гипотеза сразу задана в виде модели, другое – есть переход от гипотезы к модели.

В науке модели предназначены для того, чтобы с их помощью можно было получить знания. О моделях написано многое, но в обучении они используются явно не эффективно. Отсюда не формируется стиль мышления работать с моделями, а он, во-первых, необходим при освоении физики, во-вторых, является современным и востребованным (см. полнее, например: [156, 162]).

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; такая ситуация сложилась и в обучении. В разных областях знания выполнено большое количество работ о моделях (М. Бунге, В. А. Штофф и др.). Но освоение моделей и моделирования происходит неравномерно, слабо развита техника построения и использования моделей в процессах обучения физике, и, в частности, – методических моделей.

Общие модели физического образования строятся (выбираются, достраиваются) на основе моделей, введенных в педагогике, психологии, дидактике 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 быстрого определения адекватности модели. Обычно препятствующую роль играют внаучные аргументы (личный интерес, консерватизм).

* Мамардашвили М. Эстетика мышления. М.: Московская школа политических исследований, 2000. С. 213.

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 оправданным (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...» (Кондаков Н. И. Логический словарь-справочник. М.: Наука, 1976. С. 361). Модель – это в каком-либо смысле заместитель объекта, функционирование которого по определенным параметрам дает информацию об изучаемом объекте.

- Модель – мысленная или материальная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает нам новую информацию об этом объекте (В. А. Штофф). Модель – есть система, исследование которой служит средством для получения информации о другой системе.

- «Модель – вспомогательный объект, выбранный или преобразованный в познавательных целях, дающий 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).

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

- Модель по определению изоморфна объекту или явлению; её структуры 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).

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

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

Уже общепринято, что при познании явлений, в том числе и при построении моделей, нет простого созерцания. В. Б. Губин пишет: «... некоторое изменение (в ограниченных пределах) состояния среды может не менять ощущения. Другими словами, имеет место относительная устойчивость ощущений... Реальность в отражении упрощается, усредняется, обобщается» (2003, с. 119). Очевидно, что в принципе, вне зависимости от точности измерений и методов исследования, этот фактор всегда присутствует; он является одной из форм проявления активности субъекта в познании. Подобное отношение фиксирует и В. В. Налимов: «Реально существующие люди обладают своими индивидуальными, т.е. вероятно заданными фильтрами пропускания» (Спонтанность сознания. М.: Прометей, 1989. С. 20). Отсюда и особенности освоения культуры (моделей), и особенности индивидуального познания.

Весьма жестко, но в принципе справедливо, Г. П. Щедровицкий писал: «...никакого воздействия объектов на анализаторы не существует. Наоборот, есть активность анализаторов. И если не будет активной работы глаза, то не будет и зрительного ощущения. Эта связь оказалась не такой, как предполагали: идущей не от объекта, а наоборот – от анализатора» (2004, с. 124). Отсюда все роли культуры (моделей, знаков) при познании, при обучении, при трудовой деятельности. Отсюда концепция нормативного освоения знаний, деятельности.

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 работать.

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). Невозможно определить место моделей без уяснения отношения между этим понятием и другими категориальными для методики обучения физике понятиями. Опираясь на ранее выполненные исследования, 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 мо-

дели 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 модель объекта или явления (см. выше).

- 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.

Для практика важно знать 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). Существуют и иные классификации. Для нас важно, что ключевым в формировании отношения к моделям является выделение и прояснение их познавательных функций (что идет от метода). Анализ позволяет выделить следующие **функции моделей**:

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

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

- Задание метода видения реальности, процедур получения знаний и др.

- 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.

Освоение всей совокупности педагогического потенциала использования моделей при обучении физике остается острой и актуальной задачей дидактики физики. Отдельно она решается медленно и формально. Одним из вариантов активизации этого процесса мы видим в реализации потенциала моделей в циклической схеме организации познавательной деятельности.

2. О программе исследования методических моделей. * Дидактика физики, несомненно, должна ориентироваться на построение и использование моде-

* См., например, статью Ю. А. Саурова в сб.: Модели и моделирование в методике обучения физике. Киров: Изд-во Кировского ИУУ, 2004. С. 38–40.

лей. 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.

Методика обучения физике использует модели из других областей научного знания. Это использование и стихийное, и сознательное, оно является выражением влияния на методику физики других знаний, представлений, методов, подчеркивает прикладной характер 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 многих 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 др.

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

Общая проблематика исследований по обозначенному научному направлению выделена и представлена следующим образом:

▪ **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)
- Приемы отбора и построения методических моделей
- Функции 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 исследования методических моделей
 - **Построение моделей для решения исследовательских задач**
 - Построение признанных методик исследования
 - Построение гипотез, концепций, теорий.

Вариант конкретизации названных направлений деятельности выполнен в следующей *Программе дидактических исследований*:

1. Научковедческие аспекты

Работа по определению и разделению экспериментальных, эмпирических и теоретических фактов. Выделение известных и построение новых методических систем. Проблема построения моделей методических систем (процессов). Определение и систематизация фактов истории методических идей. Проблема приоритетов. Выяснение содержания и форм методологической работы в методике обучения физике. Определение статуса и взаимоотношения методических знаний. Определение процедур эффективного функционирования методического знания. Проблема закономерностей в методике обучения физике: предмет закономерностей, актуальность, процедуры использования и др. Построение правил формулировки эмпирических и теоретических закономерностей методики обучения физике. Изучение проблемы языка описания методических явлений. Принципы и процедуры взаимоотношения теории и практики обучения физике. Факты и природа методологических ошибок субъектов образовательного процесса.

2. Содержание физического образования

Отделение и систематизация объектов природы от объектов науки (по всем темам курса физики). Уточнение и фиксация статуса всех рассматриваемых знаний. Усиление роли фундаментального знания: выяснение содержания, средств усвоения принципов относительности, неопределенности, дополнительности, соответствия, причинности, симметрии; повышение активности фундаментального знания при объяснении явлений и др. Определение моделей всех рассматриваемых в курсе физики физических объектов и явлений. Содержание, структура, последовательность построения модели «Современная физическая картина мира». Исследование усвоения знаний (мышления) при разных методологических установках.

Учѐт при конструировании структуры и содержания всех тем курса физики требований методологии научного познания мира: перечень изучаемых моделей, виды, формы представлений и доказательства гипотез, форма представления границ применимости знаний (какие, как часто), приемы получения следствий и значение прикладного знания и др. Представление системного подхода (мышления): содержание как ориентировка деятельности, процедуры и примеры применения и др.

Построение специальных курсов: «Философия физики для старшеклассников», «Вопросы методологии физики в вопросах и задачах», «История и методология физики для школьников» и др.

3. Процессы обучения и воспитания физике

Ориентир всего процесса на образование, а не просто на обучение предмету. Разделение и согласование эмпирического и теоретического познания при обучении физике: место и роль эмпирического познания в современном мире, эмпирическое познание и развитие субъекта, усвоение содержания курса и уровень развития и др.

Расшифровка процедур идеализации, абстрагирования, моделирования, анализа, систематизации, обобщения. Построение ориентировок (разных, но в том числе и методологических) и образцов деятельности. Накопление и представление опыта их реализации. Исследование затруднений (и их причин) в усвоении вопросов методологии (как знаний и как процедур деятельности).

4. Проблема подготовки учителей физики

Изменение логико-методологических оснований в построении общей и теоретической физики: ориентир на формирование современного миропонимания (самых фундаментальных моделей) и освоение современного стиля мышления; усвоение процедур познания (эмпирического и теоретического) физических объектов и явлений в ходе разнообразной деятельности и др. Ориентир на активность познавательной деятельности всё время с элементами экспериментального исследования.

Построение новой системы освоения методики обучения физике: системное построение содержания курса, реализация логики «от абстрактного к конкретному» (от моделей на уроки к практике), понимание природы и закономерностей изменения изучаемых систем (прежде всего субъектов процесса обучения), социокультурное творчество как необходимое условие, сознательное (рефлексивное) усвоение ориентиров управляющей деятельности и др.

Построение учебного процесса подготовки учителей физики на принципах дидактики (согласованность со школой). Коллективная творческая деятельность субъектов образовательного процесса. Усвоение методологии (и практики) методического исследования как необходимого элемента подготовки учителя.

5. Темы научных исследований

Докторские диссертации: методологический анализ докторских диссертаций; вопросы методологии при проведении диссертационных исследований; логико-методологический анализ развития методики обучения физике (период в пятьдесят лет); аппарат наукометрии методики обучения физике; особенности становления и функционирования научных школ; методология построения и функционирования региональных систем физического образования; роль, функции и значение герменевтики в методике обучения физике; проблема воспроизводимости знаний и деятельности в методике обучения физике; методологические функции знака и образа при обучении физике; теория разработки и методика использования моделей уроков (базовый курс физики, курс физики старшей школы); методология и методика организации творческого диалога при изучении физики; теория и практика формирования теоретического мышления при обучении физике (на примере конкретного раздела); проблема совершенствования методологической культуры учителей физики; проблема построения и использования моделей методики обучения физике; методология и технология изучения измерений в курсе физики старшей школы; модели использования физического эксперимента для развития теоретического мышления школьников и студентов; исследование влияния физического стиля мышления на усвоение предметных знаний; творчество школьников и студентов при освоении действий моделирования в курсе физики; процессы функционирования обобщения «физическая картина мира» в учебной деятельности; методология использования до- и вне научных форм знания при обучении физике; методология организации речевой деятельности при обучении физике.

Кандидатские диссертации: «модельное» мировоззрение учителей физики; управленческие модели в методической подготовке учителя физики; недостатки в методологической подготовке учителей физики; использование графических моделей при изучении квантовой физики (электродинамики и др.); формирование методологических знаний (о моделях, гипотезах и др.) при решении физических задач; освоение моделей физики при решении учебных задач; составление физических задач как метод освоения действия моделирования; моделирование как прием установления межпредметных связей физики и математики; формирование теоретических знаний (понятий, законов, моделей и др.) при решении экспериментальных задач, проведении лабораторных работ; виды и функции методологических ориентиров при изучении темы...; теория и практика усвоения знаний о моделях при изучении физики (тема, класс и др.); процессы моделирования при изучении физических измерений.

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

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

В методике обучения физике как науке, а отсюда и практике обучения физике, пока плохо развернуто движение от «абстрактного к конкретному» в отношении раскрытия дидактических возможностей моделирования как деятельности. В организованной кооперированной деятельности в рамках сравнительно короткого времени освоение моделирования может дать социальный эффект, а в определенных обстоятельствах – революционный социальный эффект. Вот почему оправдана настойчивость целевой программы освоения моделирования. Здесь мы можем поднять роль физики как ведущего естественно-научного предмета в школе.

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 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.

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. 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.

Методические трудности возникают на всех этапах конкретизации деятельности: 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). И так, 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**:

- Замещение объекта моделью.
- Приемы работы с моделями.
- Отнесение знаний, полученных на модели, к реальности (экспериментирование).
- Разнообразие моделей в познании и обучении и границы их применимости.

Теоретические исследования моделирования, несомненно, должны активизироваться. В этом залог успеха и практической деятельности учителей, и методистов. Нуждаются в разработке следующие проблемы: нормативные представления моделей основных физических явлений, языки выражения моделей объектов и явлений, процедуры деятельности с моделями при решении задач, постановке экспериментов, работе с учебником, обеспечение наглядности при работе с моделями и др. Отдельно в этом ряду стоит **проблема открытия закономерностей**. Если обычное «видение» мира считать нормой, то любое научное открытие (закон) – это отклонение от нормы. Правда, потом, по мере привыкания или практики, оно тоже становится нормой, но научной нормой. Эта норма средствами культуры транслируется и через некоторое время в результате распространения и привыкания становится обычной нормой. А затем вновь возрождается проблема: новая практика фиксирует отклонения от нормы, приводит через открытие к новой норме и т.д. С точки зрения культуры закон – нормативное образование, с точки зрения целей и деятельности познания закон – отклонение от общепринятой нормы. Это отклонение можно зафиксировать только в дидактическом эксперименте, модельном по своей природе. В методике обучения физике эти фундаментальные методологические положения следует прямо учитывать.

4. Научное познание в учебном физическом эксперименте.* Обычно считают чуть ли не аксиомой, что в существующей системе физического образования учитель и ученик не в состоянии получить новый эмпирический факт. Все доступные им факты уже давно известны, объяснены и являются следствиями устоявшихся теорий, поэтому объектом изучения являются именно физические теории, которые подлежат усвоению. Учебный эксперимент необходим лишь постольку, поскольку от учащихся требуется овладение экспериментальным методом познания природы.

Мы полагаем, что для формирования личности учащегося в соответствии с современными требованиями необходимо оптимальное соотношение между изучением, учебным познанием и научным познанием. Отсюда предлагаем следующее различие: **изучение** – процесс овладения учащимся новым для него учебным материалом, заключающийся в получении, переработке и запоминании определенной информации; **учебное познание** – организованная учителем деятельность учащегося, направленная на познание реального объекта ноосферы, и приводящая к получению субъективно нового знания об этом объекте; **научное познание** – совместная деятельность учащегося и учителя по исследованию реального объекта ноосферы, приводящая к получению объективно но-

* См. статью В. В. Майера в сб.: Модели и моделирование в методике обучения физике. Киров: Изд-во Кировского ИУУ, 2004. С. 35–37.

вого в учебной физике результата. Сказанное конкретизирует представление об «опыте рода» как нормы культуры для воспроизводства в обучении.

Рассмотрим конкретную проблему дидактики физики, решение которой найдено в совместном научном познании учителя и ученика в условиях реального учебно-воспитательного процесса педагогического института.

При разработке новой учебной техники выяснилось, что вновь созданный вакуумный фотоэлемент не позволяет методом задерживающего напряжения получить значение постоянной Планка с достаточной точностью, результат всегда примерно в два раза меньше нужного. Понятно, что такой прибор нельзя рекомендовать для школы, поскольку использование его даст скорее отрицательный, чем положительный дидактический эффект. Проблема заключается в том, чтобы найти причину указанного явления и, устранив ее, создать пригодный для учебного эксперимента прибор.

Подчеркнем: это проблема не физики (определение постоянной Планка в явлении внешнего фотоэффекта – древняя история для физической науки), а проблема дидактики физики. Чтобы ее решить, необходимо выполнить соответствующее дидактическое исследование, результатом которого в принципе должен явиться новый учебный физический эксперимент.

Первый шаг. Детальное исследование явления внешнего фотоэффекта на доступном фотоэлементе показывает, что определение задерживающего потенциала – непростая задача, поскольку при обратных напряжениях на фотоэлементе фототок плавно снижается до нуля и даже переходит в отрицательную область. Различные способы аппроксимации экспериментальных данных неизменно приводят к заниженному примерно в два раза значению постоянной Планка.

Далее следует до десятка разнообразных экспериментов, в которых получены новые знания в дидактике физики (см. подробнее 3.3).

Описанное выше исследование – типичное научное познание в сфере учебной физики. Научным оно является потому, что в итоге получен объективно новый для дидактики физики результат, причем имеющий не только познавательное, но и важное практическое значение. Это экспериментальное исследование, которое выполнено в коллективной деятельности «учитель – ученик» в условиях реального учебного процесса при многократном повторении цикла учебного физического эксперимента: условия – результат – анализ. Указанная ориентировка деятельности, бесспорно, в полном объеме включает в себя теоретические методы познания (выдвижение гипотезы, моделирование, объяснение, прогнозирование и т. д.), но по существу остается удобной методологической ориентировкой деятельности экспериментирования. Более того, совершенно очевидно, что новые факты, явившиеся результатом представленного экспериментального исследования, принципиально не могли быть получены в теоретическом исследовании.

4.2. Знаковое мышление как необходимость понимания физического мира

1. **Знаки и знаковые образования в обучении.** Прежде всего 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.

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 (часто встречаются в западных тестах) мы обязаны использовать несколько моделей или комплексную модель явления. С точки зрения деятельностной парадигмы построение модели явления понимается как результат познавательной деятельности людей. Значит, моделей в природе нет, для одного объекта или явления 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. Например, это такие дидактические модели: модели уроков, модели коммуникации, модели процессов познания. Физические модели адаптируются в учебные модели и др. В каждом конкретном случае деятельность с моделями специфична и трудна [2, 310, 11, 21–23, 25, 29, 30–34, 42, 44, 51–52, 78, 82, 86, 93, 100, 116, 136, 150–151, 158, 175, 183–184, 188].

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

Сейчас в методологии признается, что в человеческом мире единственной фундаментальной реальностью утверждается деятельность. И знания (в том числе и по форме представления) – образованности (по Г. П. Щедровицкому) деятельности. Гениальный К. Маркс в тезисах о Фейербахе давным-давно четко и однозначно это зафиксировал.

В образовании социально-историческая природа деятельности проявляется в первичном освоении сначала норм культуры 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) фундаментальна в

обучении, отсюда вся важность организации деятельности со знанием. Причем деятельность со знаниями не должна противопоставляться материально-предметной деятельности. Отсюда ограничители деятельности в идеальных мирах.

При массовом обучении, что сейчас все более усложняющаяся необходимость, трансляция знаний – фундаментальный и экономный механизм образования. Но упаковка и распаковка знаний при их трансляции уже не происходят автоматически, все больше требует специальных усилий. Это объясняется ключевой задачей – воспроизводством деятельности. Типичная проблема: как за знаком расшифровать деятельность?

Теоретическая позиция выражена в ряде тезисов-мыслей.

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

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

- Согласно принципу (парадигме) деятельности, в обучении происходит присвоение знаний. (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. Широко известно требование в теории поэтапного формирования понятий и умственных действий формирование деятельности в материальной форме.

- Например, экспериментирование как учебная деятельность 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).

- Выделяют следующие **единицы знаний**: факты – единицы материала, с которым имеют дело в деятельности; онтологические картинки мира, т. е. изображения реальности; средства выражения знаний, фактов, т. е. языки описания, представления; методы познания, системы методик изучения или исследования, т. е. *нормы* процедур деятельности, заданные

как системы знаний; модели объектов или явлений, которые представляют (репрезентируют) частные, эмпирические объекты исследования, т. е. заместители чего-то; знания по статусу в системе теории: физические величины, теоретические конструкты (объекты без опоры на опыт), принципы, гипотезы, законы, постоянные величины, уравнения и др.; проблемы; задачи (научные, проектные, методические и др.); интерпретации (мировоззренческие обобщения).

- 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 особенности 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.**

- Деятельность с методическим знанием представлена такими видами: производство методических знаний; воспроизводство (трансляция) и функционирование, в том числе схематизация знаний; развитие; утилизация. Например, отсутствие схематизация такого методического знания как принцип наглядности тормозит его позитивное использование.

В целом в науковедческой деятельности, во-первых, под основную задачу получения новых знаний следует использовать исторически известные методы исследовательской деятельности – измерение, выделение объекта, создание картин мира, экспериментирование, моделирование, комплексное построение предмета. Во-вторых, поиск закономерностей освоения «опыта рода» на основе различения норм (действия) и практики (факты) учебной деятельности. Здесь сравнение «нормы-знания и факты-знания» позволяет выделить особенности образовательной деятельности, в пределе – закономерности. В-третьих, создание «банка» воспроизводимых методик исследования той или иной деятельности. В-четвертых, немаловажной для науки является история методического знания...

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

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

Известные характеристики мышления сгруппированы в схеме (рис. 4.1). Но это только первое, пока ещё весьма абстрактное, понимание такого великого феномена как мышление. Наиболее содержательными здесь являются собственно характеристики мышления; в целом это макропроцессы и соответствующие качества, выделяемые на основе проявлений в деятельности и её результатах (см. полнее: [23, 29–31, 33–35, 52, 80, 86, 89, 148, 170, 180, 182, 194–202]).



Для обучения важно задать некую инструментальную модель мышления, которая бы, вскрывая суть этой (мыслительной) деятельности, давала бы возможность с помощью содержания и процессов управлять её воспроизводством (или формированием). В связи с этим интерес представляет выражение мышления как метода (средства) познания. Фундаментальным элементом такого выражения мышления является мыслительный акт [205], а в итоге – система актов (рис. 4.2). Система актов при нормировании с целью трансляции опыта имеет простую структуру. Заметим, что она циклична, не противоречит известному в методике принципу организации учебного познания «факты, проблемы – гипотеза, модель – следствия – эксперимент, практика» (В. Г. Разумовский).

Но макрохарактеристик мышления недостаточно. Выделяют слой микропроцессов и их характеристик: построение системы (проблематизация, структурирование, моделирование, взаимодействие),

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

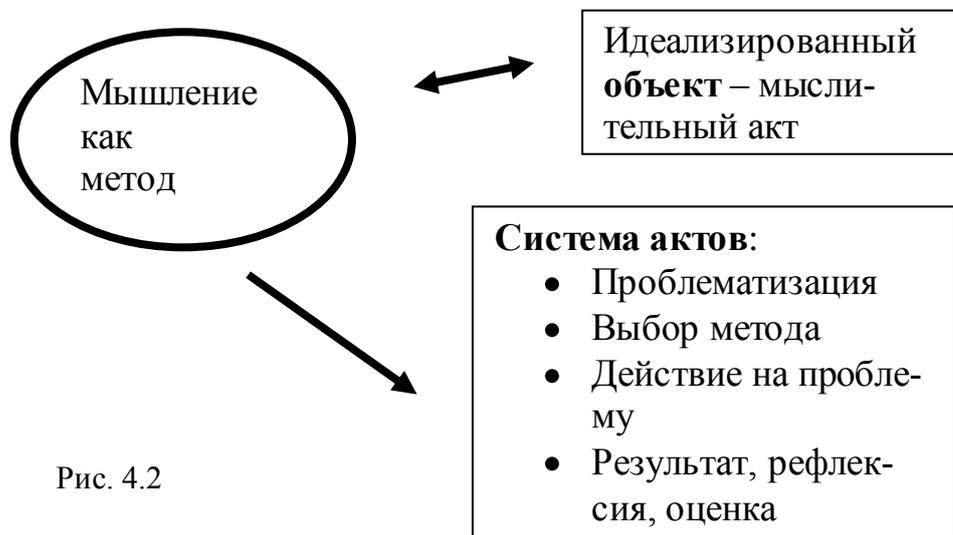


Рис. 4.2

Представления современной методологии о мышлении. 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, и тем более для того, чтобы развивать мышление, необходимо в какой-то форме мышление выразить, представить и адекватно на него действовать. По-видимому, типичными формами являются громкая и письменная речь, мысленное и предметное экспериментирование (в нашем случае на физическом материале), процедуры постановки и решения задач и др. Действовать на мышление с целью его совершенствования следует способом, адекватным формам его выражения – речевой деятельностью, знаками, средствами логики, предметными действиями при экспериментировании и т. п. Г. П. Щедровицкий 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).

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

Повторим, в известном определении уже достаточно четко для характеристики мышления вырисовывается отношение «объект – знак». Это отношение во всех аспектах взаимосвязи должно быть осмыслено и заложено в технику исследований. Известный методолог А. А. Зиновьев по этому поводу убедительно писал: «В своем чувственном аппарате люди оперируют чувственными образами знаков, а не непосредственно самими знаками. Люди оперируют чув-

ственными образами знаков в их качестве заместителей (двойников) предметов, обозначаемых этими знаками» (2006, с. 11).

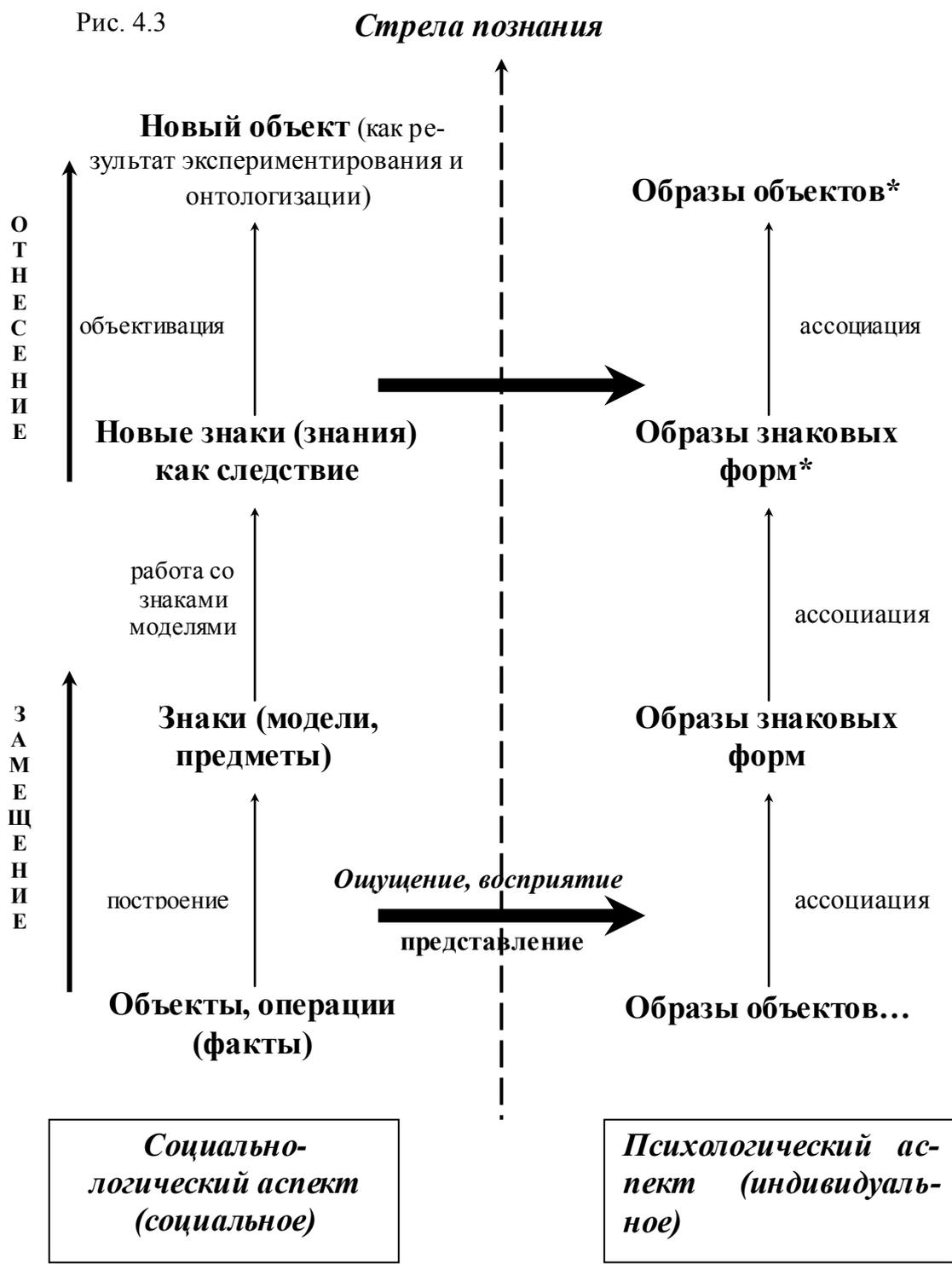
Перспективной, на наш взгляд, является следующая схема-модель знакового мышления (рис. 4.3): социально-деятельностное по природе отношение **A** «объекты – знаки» находит отражение в психолого-физиологическом отношении **B** «образы объектов и операций – образы знаковых форм и операций с ними» (Г. П. Щедровицкий, 1997, с. 578 и др.). Все эти аспекты как вариант описания важны для понимания процессов освоения мышления при обучении физике. Подчеркнём, присвоение мышления понимается как усвоение норм, «опыта рода» (части культуры, выделенной для освоения в обучении), как усвоение системы (структур!) знаний в широком смысле, в форме фундаментальных теоретических обобщений – понятий, законов, теорий, физической картины мира [93–94]. 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» 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, подчеркнем здесь опыт профессора В. В. Майера, как в выделении или задании объектов экспериментирования (объектов ноосферы), так и в фиксации объектов в знаках, в частности в моделях.

В целом сама схема (см. рис. 4.3), 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. Но именно поэтому она только модель мышления.

Раскрытие моделирования как формы мышления хорошо представлено в рефлексивной познавательной деятельности современных физиков. Так, физик-теоретик и методолог В. Б. Губин пишет: «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).

А. Эйнштейн, как бы заранее поддерживая мысль Г. П. Щедровицкого, писал: «Наука занимается совокупностью первичных понятий, т.е. понятиями, непосредственно связанных с чувственными восприятиями... Эта новая «вторичная система», которая характеризуется большим логическим единством, содержит зато только такие собственные элементарные понятия (понятия второго слоя), которые прямо не связаны с комплексами чувственных ощущений. Продолжая усилия для достижения логического единства, мы приходим... к третичной системе, ещё более бедной первичными понятиями и соотношениями...» (1967, с. 203). Здесь емко показана стратегия физического мышления, важная сейчас для развития физического образования.



Почти очевидно, что без методологии невозможно понимание мышления для обучения. 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 современного физического мышления** необходим поиск новых методических решений. Такая работа, конечно, постоянно идет и представлена явно или неявно во многих публикациях [25, 30, 35–36, 83–84, 97, 107–108, 116, 160–161]. Подчеркнем здесь значение лишь 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 [35, 58–77, 79, 80, 84, 95, 113 и др.].

- Для успешного формирования мышления весьма важен диалог, речевая коммуникация при выполнении школьниками предметных действий [3, 148, 150–151, 170].

- 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 [5–7, 105–107].

- Специальные и особые усилия должны быть направлены на реализацию в разных методических решениях логики метода научного познания, представленного схемой «факты, проблема – гипотеза, модель – следствия – эксперимент, практика» (В. Г. Разумовский) [117–144].

- 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) [93–95] и концепцию универсального эволюционизма (Н. Н. Моисеев, В. С. Степин) [91, 178].

В целом фундаментальные (методологические, психологические, педагогические) представления о мышлении доказывают необходимость усиления внимания к освоению отношения «физическое явление – модель» при изучении всех вопросов. В широком поле интереса к методу научного познания работа со знаками при формировании мышления находит свое место.

4.3. Теоретическое и экспериментальное исследование методических моделей

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

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

Теоретическое исследование методических моделей

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

Для регуляции деятельности при построении моделей (эвристический процесс) выработаны некоторые нормы. По степени общности их можно разделить на а) тематические (наличие границ применимости и др.), б) внутринаучные (наличие объекта у модели), в) межпредметные (принцип соответствия моделей, единство дидактических моделей), г) методологические (бритва Оккама, последовательное приближение), д) философские (усложнение моделей при познании, относительная стабильность моделей, активность моделей).

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

Третий блок действий с моделью состоит в определении адекватности модели, в сравнении выводов её теоретического исследования и эмпирических данных (фактов) учебного процесса.

Довольно типичным случаем теоретического исследования модели является использование методической модели учебного процесса «факты – модель – следствия – эксперимент». Это исследование может быть проведено на разных уровнях – методологическом, теоретическом, прикладном. **Приведем пример.**

Методологический анализ. Принцип циклического построения учебного познания был сформулирован в докторской диссертации В. Г. Разумовского в виде известной схемы «факты – модель – следствия – эксперимент» [118]. Эта схема, с одной стороны, отражение логики самого процесса познания, с другой стороны, управления учебным познанием, т. е. овладением деятельностью. Практически сразу схема формулируется в целом для учебного процесса, хотя первоначально привязывается к задачам формирования творческих способностей. Существуют некоторые различия в формулировке принципа, они задают своеобразное поле смыслов. Приведем определения: «от фундаментальных опытов индуктивно к абстрактной модели, от неё дедуктивно – к выводу следствий и к их экспериментальной проверке» (там же, с. 8); «от обобщения фактов к построению абстрактной модели явления, от модели – к выводу теоретических следствий, от вывода следствий – к их экспериментальной проверке» (там же, с. 25); «представление о творческом цикле и о его критических точках перехода от явления к его абстрактной модели, или наоборот: от абстрактной модели к подходящему явлению» (там же, с. 39); «учебный материал, построенный циклически по схеме: исходные опыты – абстрактная модель – теоретические следствия – экспериментальная проверка следствий» (там же, с. 56). Несмотря на некоторые разночтения, дающие возможность интерпретировать смысл и значение принципа циклическости, его роль в методике почти сразу определилась. **Эта схема стала учить методистов и учителей смотреть на всю практику под этим углом зрения**, т. е. принцип сразу приобрел фундаментальное **методологическое значение** для организации методической деятельности. Заметим, что прямо для построения материала и учебного процесса он использовался не так часто. Но влиял почти на

все исследования, формировал новое видение и новое поколение методистов, помогал строить новую практику! Важно и то, что это был единственный инструментальный принцип обучения физике.

В принципе цикличности выделено отношение к **фактам**, к их подбору, формированию, содержанию, роли. Во-первых, в начале рассмотрения вопроса, до формулировки гипотезы он использует свои данные и опыт других исследователей (т.е. знания) как факты. Прежние знания (идеи, модели, гипотезы), может быть, используются в качестве фактов не совсем явно, без подробного раскрытия и обоснования. Но это есть. К сожалению, и сейчас у многих нет ясной позиции на этот счет. В ужасном конгломерате существует множество методических положений, гипотез, идей, принципов, схем, которые конечно пересекаются и противоречат друг другу, но это, к сожалению, не фиксируется и не обсуждается. Признаем, что объяснение лежит вне научной области.

В настоящее время **развитие принципа** видится, во-первых, в усложнении его интерпретации, во-вторых, в построении и использовании родственных схем организации познания и изложения знаний. Так, в методике физики вовсе не реализовано точное и глубокое представление о цепочке циклов познания: факты – модель – следствия – эксперимент – факты* – модель* – следствия* – эксперимент*... В методике ни через содержание, ни через процессы обучения вовсе не реализовано использование нескольких моделей при изучении явлений. Но принципиально важно и не только это: в замкнутой бесконечной цепочке познания (а точнее, усвоения опыта) начало процесса может быть с принятия неких знаний, знаков, моделей. Вспомним, идеи правят миром. Вспомним, восприятие (факт) ведомо мыслью, словом, образом, знаком. При такой новой интерпретации принципа он получает дополнительную инструментальную силу, в состоянии прямо влиять на построение методических проектов для науки и практики.

В диссертации В. Г. Разумовский **признает модельный характер своих педагогических гипотез и ограниченность проверочных экспериментов**, жестко его связывает с предложенной концепцией и поэтому не случайно гипотезы дробит. Отсюда закономерны такие заключения: «...гипотеза оправдалась не вполне» [118, с. 15]. К сожалению и удивлению, в современных исследованиях часто нет и тени сомнений в экспериментальном доказательстве сложных, витиеватых гипотез. Но модельный характер познания распространен на все исследование. Не случайно в итоге автор пишет: «...показана **принципиальная** возможность учебной творческой деятельности, разработана её модель, исследованы возможности регистрации этой деятельности и определено её место в процессе обучения» [118, с. 55]. Выделим, что, с нашей точки зрения, слова «определено её место» фиксируют проблему границ применимости дидактической модели. Увы, но к настоящему времени мы в этом направлении не продвинулись сколь-либо заметно. А прошла целая эпоха. Конечно, в диссертации в явном виде не обозначена и последовательно не раскрыта проблема границы применимости принципа цикличности. (Заметим, что сам автор говорит о сенситивном среднем школьном возрасте.) В прикладном плане можно выделить только одно: материал, построенный по логике принципа цикличности, способствует развитию творческих способностей школьников. Но затем исторически принцип цикличности был распространен на разные стороны учебного процесса. Насколько правильно и продуктивно это делается, надо смотреть конкретно, не забывая о существовании границ применимости любого знания. Для нас важно в этом случае подчеркнуть, что ценность модели проверяется не только практикой её использования, но и практикой её развития. Науки без истории функционирования (развития) моделей не бывает.

Проблема границ применимости формулируемых методических моделей остается одной из самых острых, существует в довольно запутанном состоянии. В исследованиях, по видимому, предполагается, что модели (концепции) работают в рамках обозначенного предмета, определяемого темой, проблемой, гипотезой, задачами исследования. К сожалению, с тех пор вот уже тридцать лет мы в этом отношении не продвинулись вперед. А будущее идей невозможно без обозначения границ их применимости. Например, очевидно, такие границы есть у принципа цикличности. С нашей точки зрения, они заключаются в следующем: а) мало кто замечает, но принцип цикличности представлен незамкнутой цепочкой, отсюда возможно и «неклассическое» его использование, в частности, интересно начать познание с

этапа «модель»; б) принцип цикличности прежде всего востребован в «деятельностных» системах обучения, в других он может затруднять учебный процесс (что исторически отчетливо фиксируется); в) принцип цикличности может быть не уместен для небольших фрагментов знаний (учебного процесса), при рассмотрении только прикладного материала, на этапах решения ряда воспитательных задач (занимательность, нравственность и т. п.).

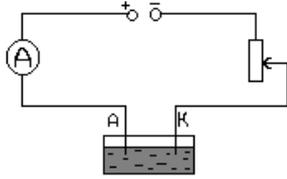
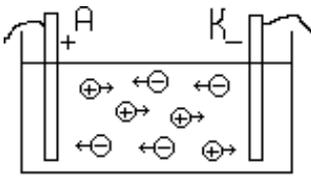
Теоретический анализ модели, с нашей точки зрения, выражается в построении новых методических решений, т. е. новых более функционально точных моделей. Фактически, в методическом исследовании это всегда конкретизация модели, её расшифровка, её развертывание. Если модель «богата» по содержанию, то её развертывание в состоянии дать новые методические решения. Процедуры получения такого продукта, в частности, могут быть следующие: а) наложение на модель материала, т. е. в структурировании содержания материала согласно модели, б) подбор адекватных модели действий учения или преподавания. Приведем примеры.

Ниже представлен вариант инструкции по организации выполнения лабораторной работы (Н. В. Соколова). При наложении материала лабораторной работы на методическую модель происходит а) уточнение и расширение представлений о фактах, б) выделение знаний, которые можно отнести к модели, в) определение роли самого физического эксперимента, его нужная интерпретация, конкретные практические действия. При этом характер теоретической работы выражается в уточнении свойств самой модели, в раскрытии логики (и истории познания) самих конкретных знаний о явлении, обсуждении смыслов элементов материала.

Прикладной анализ модели выражается в изучении процесса её использования в практике обучения, в выделении реальных действий с моделью, эффективности усвоения её отдельных элементов и др. Получается массив эмпирического материала (фактов), каких-то новых представлений, организуется измерение и др.

Экспериментальное исследование методических моделей. В зависимости от целей и от вида модели с ней можно осуществлять какие-то действия, т. е. в самом общем плане – экспериментировать. В этом смысле к экспериментированию можно относить а) изменения модели, т. е. любую теоретическую работу с моделью, б) установление соответствия эмпирического материала и свойств используемой модели, т. е. применение модели для познания. Правда, в условиях необходимости построения предмета исследования мы всегда имеем модельный эксперимент, и никакого другого просто нет. Хотя специалисты, по-видимому, в гносеологическом плане и, в частности, для различения процедур деятельности, занимают такую позицию: «Изучение какого-либо явления на его модели есть особый вид эксперимента – модельный эксперимент, отличающийся от обычного эксперимента тем, что в процессе познания включается «промежуточное звено» – модель, являющаяся одновременно и средством, и объектом экспериментального исследования, заменяющего оригинал» (А. М. Новиков, 2002, с. 82–83).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА (ИНСТРУКЦИЯ)

ТЕМА	Определение заряда электрона														
ЦЕЛЬ	<i>Изучить экспериментальный метод определения заряда электрона</i>														
ПОЛУЧЕНИЕ ФАКТОВ	<p>В работе используют источник тока, амперметр, реостат, электролитическая ванна с раствором медного купороса, в качестве электродов – две медные пластины, рычажные весы, набор разновесов.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Определите массу сухого электрода ➤ Соберите цепь по схеме ➤ Выделите исходные факты  <p><i>Факт:</i> Явление прохождения электрического тока через электролит</p>														
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Установите при помощи реостата силу тока в цепи не более 1 А и пропускайте ток через электролит в течение 20 мин. В течение этого времени изучите теоретическую модель исследуемого явления. <ol style="list-style-type: none"> 1. Механизм образования свободных зарядов: Электролитическая диссоциация – явление расщепления нейтральных молекул кислот, солей и щелочей при их растворении на положительные и отрицательные ионы. 2. Модель электрического тока в жидкостях: Электрический ток в растворах (или расплавах) электролитов представляет собой перемещение ионов обоих знаков в противоположных направлениях. 3. Электролиз – перенос и отложение вещества при прохождении электрического тока через электролит. 4. Закон Фарадея: Масса вещества, выделившегося на электроде за время t при прохождении электрического тока, пропорциональна силе тока и времени. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px 0;"> $m = k \cdot I \cdot t, \quad k = \frac{\mu}{N_A e_{np} n}$ </div> <p>где k – электрохимический эквивалент данного вещества, n – валентность</p> 														
ЗАДАЧА	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Согласно закону Фарадея, на основе опыта рассчитайте заряд электрона 														
ЭКСПЕРИМЕНТ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>m_1, кг</th> <th>m_2, кг</th> <th>μ (Cu), кг/моль</th> <th>n (Cu)</th> <th>I, А</th> <th>t, с</th> <th>e_{np}, Кл</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> </tr> </tbody> </table> 2. По прошествии 20 мин. разомкните ключ, выньте и обсушите над электроплиткой медный катод, взвесьте его. 3. Вычислите практическое значение заряда электрона $e_{np} = \frac{M}{m_2 - m_1} \cdot \frac{It}{N_A}$	m_1 , кг	m_2 , кг	μ (Cu), кг/моль	n (Cu)	I , А	t , с	e_{np} , Кл							
m_1 , кг	m_2 , кг	μ (Cu), кг/моль	n (Cu)	I , А	t , с	e_{np} , Кл									
ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вычислите максимальные абсолютные и относительные погрешности измерений силы тока и времени, определите абсолютную погрешность измерения массы; вычислите максимальные погрешности измерения заряда электрона. $\xi_e = \frac{2\Delta m}{m_2 - m_1} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta t}{t} \quad \xi_e = \dots\% \quad \Delta e = e_{np} \cdot \xi_e$ 2. Запишите результат измерения заряда электрона в виде: $e = e_{np} \pm \Delta e$ 3. Сравните полученное значение заряда электрона с табличным. Сделайте вывод 														

Но экспериментальное исследование модели и экспериментирование с моделью – разные деятельности, второе явно шире. Бум в создании теоретических моделей процессов обучения физике пока не приводит ни к теоретическим прорывам, ни к существенно новым методическим решениям. Эффект пока мал, во многих случаях работа с моделями справедливо воспринимается как пустое теоретизирование. Сами исследователи по отношению к методическим знаниям внятной позиции не занимают. Конкретно, в узком смысле экспериментальное исследование моделей выражается в а) использовании методических моделей при проектировании практики, б) исследовании их эффективности при усвоении или использовании, т. е. фактически какого-то **измерения**. И здесь перед нами разворачивается целая особая область методической деятельности, пока ещё мало освоенная и с огромным количеством проблем. И здесь взаимоотношение между эмпирическим материалом и моделью – один из ключевых аспектов.

4.4. Вопросы методологии моделирования как учебной деятельности

По аналогии с деятельностью экспериментирования с точки зрения методологии выделяется деятельность моделирования как фундаментальная учебная деятельность. При такой постановке задачи во всем многообразии аспектов моделей в методике обучения физике здесь выделяются только а) модели в содержании физического образования, б) деятельность с моделями в процессах усвоения этого содержания.

I. Как в содержании образования заложено отношение к моделям, так в реальном учебном процессе в массовой школе это и формируется, и диагностируется. Обратимся к актуальным проблемам **содержания** (см. полнее [158]).

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 ни по объему, ни по форме не сдерживает познания. Это необходимое правило, прием познания, это важный принцип согласия. Он в полной мере соответствует идее о том, что действительность должна рассматриваться как результат человеческой деятельности. Подобные позиции при конкретизации и задают через категориальные понятия физический мир. И это позитивно, т.е. продуктивно. Сложность смысла этих понятий 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, с. 158). Но при всем при том в обучении трудно согласиться с утверждением, что «в механике пространство и время являются средствами описания движения, изобретенными человеком...» (Мансуров А. Н., Мансуров Н. А. Физика: Учебник для 10-11 классов школ с гуманитарным профилем обучения.

М.: Просвещение, 1999. С.18). Зачем уравнивать пространство-время и систему отсчета (средство описания)?

В действующих учебниках выделяют реальность, иногда даже обозначают (Чижов Г. А., Ханнанов Н. К. [187, с. 5]), Но надо ли «физическое тело» относить к моделям (там же, с. 27), а затем далее говорить о телах, подразумевая за ними реальность? В целом, следует признать, что в учебнике Г. А. Чиждова и Н. К. Ханнанова последовательнее и чище изложены вопросы методологии познания по сравнению с другими учебниками. В частности, здесь лучше отделена реальность (объекты и явления) от средств их описания. Правда, удручает позиция «В основе познания лежит восприятие мира человеком с помощью органов чувств...» (там же, с. 4). Сравните: «Жизненный опыт оказывается недостаточным при изучении явлений» (Касьянов В. А. Физика. 10 кл.: Учебник для общеобразовательных учебных заведений. М.: Дрофа, 2000. С. 5).

Во-вторых, есть большая группа понятий, обозначающая и задающая модели объектов и явлений. Многие из этих понятий, хотя и используются, не имеют внятного статуса, уравниваются с категориальными понятиями, и им придается статус реальности и т. п. Отсюда на практике существует проблема их определения. Она заключается в том, что понятия определяются по-разному, смысловое поле их размыто, не четки связи с другими понятиями и др. Во всех теориях эти понятия необходимы и должны вводиться сначала, широко использоваться в развертывании знаний, т. е. в описании реальности. Это такие понятия, как физическая система, система отсчета, материальная точка, система материальных точек, абсолютно твердое тело, упругое тело, идеальный газ, кристаллическая решетка, термодинамическая система, электростатическое поле, однородное поле, точечный электрический заряд, гармоническая волна, световой луч, планетарная модель атома, нуклонная модель ядра атома, кварковая модель адронов и др. По своей природе это идеальные (и теоретические) объекты, которые реально не существуют. Известный методолог В. С. Степин пишет: «Так, все теоретические высказывания классической механики непосредственно характеризуют связи, свойства или отношения идеализированных 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» (В. С. Степин, 2000, с. 105).

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

В-третьих, первый шаг этапа количественного познания выражается в определении большого числа физических величин. По своей 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 не возможно, иначе совершенно непонятно, зачем вводятся модели. Фактически в школьном курсе физики на этот вопрос ответа нет. Точнее ответ ясен, вводятся они фор-

мально, для школьника и учителя совершенно не понятно, что с ними делать и зачем они. 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. Есть 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 он 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 это не преодолено и сейчас. Да и в целом программа построения курса физики, которую он предлагал, не получила технологического решения, хотя стихийно и реализуется, но явно медленно и не эффективно. А жаль.

В качестве примера назовем ещё две методические проблемы. Важно заметить, что некоторые фундаментальные физические величины по мере своего использования приобретают субстанциональный смысл. Это, например, энергия. Энергия переходит, энергия излучается и распространяется и т. п. Если же говорить об энергии как о характеристике и связывать её с моделью «материальная точка», как это делается только в учебнике Г. А. Чижиова и Н. К. Ханнанова, то требования методологии автоматически выполняются. Но разве разумно говорить об энергии для материальной точки в механике, но уже в молекулярной физике говорить, тем более в случае идеального газа, об энергии молекул (там же, с. 278)? В ряде случаев возникает соблазн говорить о характеристике характеристики.

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. Пора понять, что это разные уровни мышления и мировоззрения. И первый – технический, примитивный, ограниченный. Но об этом отдельный разговор.

Ниже для конкретизации проблемы приведем **примеры** из текстов известных учебников.

1. Определение теории

В. А. Касьянов в учебнике подчеркивает: «Любая теория является описанием некоторой модели физической системы, некоторым приближением к реальности...» (там же, с. 9). В целом, это достаточно глубоко и верно. Но, во-первых, раз модель системы, то понятие «физическая система» интерпретируется как задающая реальность. Во-вторых, тогда нет описания, а представление: теория и представляет собой модели реальности. В-третьих, теория в

принципе не может быть приближением к реальности, это разные категории, разный уровень представления. Иное дело, что теория как модель точно или грубо описывает реальность.

Одно дело основные положения МКТ, другое – модель идеального газа. Первые описывают, задают реальность, поэтому в них речь идет о частицах, молекулах и т.п., т.е. об объектах. В модели идеального газа последовательно речь должна идти о материальных точках. Это разного уровня понятия.

«Общая физическая теория систем, состоящая из большого числа частиц, называется статистической физикой» (В. В. Мултановский, 1977, с. 23). Здесь под системой, по видимому, понимается некая реальность. В тоже время ниже автор определяет: «Идеализированный объект термодинамики и статистики – макроскопическая система, находящаяся в тепловом равновесии» (там же, с. 31). А здесь однозначно, что макроскопическая система – модель. Вывод один: в этих вопросах надо определяться возможно быстрее, в противном случае между учебниками языковые противоречия (разногласия) будут для предмета губительными.

2. Модели

«Основной физической моделью вещества является совокупность движущихся и взаимодействующих между собой атомов и молекул» (В. А. Касьянов, с. 325). Прямо с этим нельзя согласится, тогда, например, модель атома – это модель модели. Наконец, явно последовательно, перейдя на язык материальных точек, потом заговорить 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). Интересно в другом учебнике: вывод основного уравнения МКТ дан 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: «...идеальный газ представляет собой теоретическую модель газа и поэтому в природе не существует» (Громов С. В. Физика: Молекулярная физика. Квантовая физика: Учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений. М.: Просвещение, 1999. С. 62); «Итак, идеальным газом называется газ, у которого при изотермическом процессе давление в точности обратно пропорционального 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» (Яворский Б. М., Пинский А. А. Основы физики: Т.1. М.: Наука, 1981. С. 220, 222).

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» (с. 184–185). Заметим, что это 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. Это уже принципиальный выход на исследования, т.е. с нашей точки зрения, на учебники нового поколения. Пока, даже в механике это реализовано плохо. Обратимся к ситуации с реальным газом. «Реальный газ – достаточно сложная система. Мы рассмотрим простейшую физическую модель реального газа – идеальный газ... Физическая модель – это упрощенная схематическая копия исследуемой реальной системы» (Мякишев Г. Я., Синяков А. З. Физика: Молекулярная физика. Термодинамика. 10 кл: Учеб. для углубленного изучения физики. М.: Дрофа, 2002. С. 105). В другом случае: «Сначала введем физическую модель разреженного газа... У разреженного 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» (там же, с. 153–154). Значит, понятие «реальный газ» задает реальность? Но однозначного ответа на этот вопрос все равно нет.

3. О физической системе, о макроскопической системе

Определения физической системы нет в Физическом энциклопедическом словаре. (Заметим, кстати, что многие понятия там вводятся со ссылками на публикации 50-х годов.) С. В. Громов внятно не говорит, но использует понятие системы (там же, с. 21), говорит о **реальной** макроскопической системе (с. 17). Получается, что просто макроскопическая система – модель. Но прямо это не раскрыто, внятно не используется.

«При изучении макроскопической системы в статистической физике исходят из определенной её модели. Сначала выделяются элементарные структурные единицы, из которых построена система. Далее необходимо указать, как они взаимодействуют между собой...» (В. В. Мултановский, с. 23). «Система изолирована, если она не подвергается внешним воздействиям» (В. В. Мултановский, с. 27). В принципе, если речь о модели, то надо говорить не о действиях на неё, а о приложенных силах, т.е. говорить на одном языке. Вдумаемся, как это реальное действие может быть приложено к модели? Фактически в таких случаях негласно используется физический жаргон. Ничего страшного в этом нет, но в обучении лучше «чистить» представления, там, где это слишком не усложняет дело. Совершенно непонятно, например, следующее высказывание: «При изучении влияния воздействия тел на закон движения материальной точки...» [187, с. 111].

Ещё пример: «Термодинамическая система – это совокупность физических тел, изолированных (!? – вопрос наш) от взаимодействия с другими телами». Здесь система, по-видимому, используется в смысле обозначения реальности, но зачем тогда речь об изолированности?

4. О процессах и явлениях

С точки зрения методологии и интересов физического образования следует признать и принять, что физические явления (процессы) задают реальность. На этой позиции их и надо определять. А далее описывать. Обратимся к практике.

Вот четкая позиция: «Динамикой называется раздел механики, в котором изучается движение взаимодействующих тел» (Чижов Г. А., Ханнанов Н. К., с. 82), т.е. изучается реальность. Примерно также о динамике в известном учебнике (Мякишев Г. Я. и др. Физика: Учебник для 10 класса общеобразовательных учреждений. М.: Просвещение, 2001. С. 53), но вот определение кинематики, увы, уже на другом языке: «...это раздел механики, изучающий способы описания движений и связь между величинами, характеризующими эти движения» (там же, с. 8).

В термодинамике в одних случаях явления задаются как реальность, на языке взаимодействия, хотя и не всегда последовательно [187, с. 286]. Но во многих случаях используется известный жаргон: «Теплообмен – процесс передачи энергии от одного тела к другому без совершения работы» (В. А. Касьянов, с. 265). А причем здесь совершение работы? И что это: реальность или её модельное описание? Аналогично и дальше: «Адиабатный процесс – термодинамический процесс в теплоизолированной системе» (В. А. Касьянов, с. 275). Как понять: это явление природы или модель? Но в другом учебнике читаем: «Основные модели квазиравновесных процессов...» [187, с. 256]. Значит, изопродессы рассматриваются как модели. С нашей точки зрения, при явной идеализированности этих газовых процессов они все же задают реальность. А вот, при их описании, сначала при задании модели идеальный газ, потом – использовании закона и графиков, мы имеем дело с моделями.

«Обратимыми называют процессы, протекающие в системах, где действуют консервативные силы» (Б. М. Яворский, А. А. Пинский, с. 248). Обратимые процессы представляют собой идеализацию реальных природных явлений (там же, с. 249); «...все реальные процессы в природе необратимы» (там же, с.250). В учебнике для X класса читаем: «Обратимый процесс – процесс, который может происходить как в прямом, так и в обратном направлении» (В. А. Касьянов, с. 283). Из этих двух позиций следует логический вывод о том, что все изопродессы – не реальные явления природы. Диффузия – реальна, она и необратима. В целом возникает представление об этой системе понятий как о несогласованной. А каково ученику?

5. Модели и законы

Уже становится почти общепризнанным в методике обучения, что законы формулируются для моделей.

Первый закон термодинамики практически во всех учебниках формулируется на языке моделей, физических величин: «Изменение внутренней энергии системы при её переходе из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе» (С. В. Громов, с. 32). Аналогично у В. А. Касьянова (с. 270), причем понятие о системе используется, но не определяется (с. 269 и др.).

О втором законе термодинамики: закон, «который указывает направление протекания **реальных** тепловых процессов» (с. 40); «В идеале такие процессы могут происходить только в замкнутых системах» (С. В. Громов, с. 40); «Замкнутая система многих частиц самопроизвольно переходит из более упорядоченного состояния в менее упорядоченное» (В. А. Касьянов, с. 285).

Вывод о моделях в содержании образования: пока в учебниках не найдены последовательные и эффективные методические решения использования моделей; объективно эта проблема является трудной для методики обучения физики, но её решение – резерв развития ближайшего будущего.

II. Примеры проектов освоения моделирования

Использование моделей при решении сложных учебных физических задач. Сложившаяся школьная практика работы с учебной физической задачей определяет следующую последовательность действий: 1) запись данных по условию задачи; 2) определение явления или явлений движения и взаимодействия; 3) иллюстрация физической ситуации по указаниям условий задачи; 4) запись уравнений основных законов движения и взаимодействия с последующим их решением. Однако при решении сложных задач подобный алгоритм решения может реализоваться далеко не всегда (работа М. В. Гырдымова).

Можно выделить следующие **причины сложности** задачи: а) неясны соотношения между физическими явлениями, рассматриваемыми в задаче, б) существуют неопределенности в условии задачи, обусловленные неясностью выбора физической модели, в) решение задачи предполагает использование незнакомого метода решения, г) решение задачи требует сложных математических действий.

Остановимся на причинах сложности учебной физической задачи последних двух типов. Причины такого рода можно исключить, если разбираться в рассматриваемой физической ситуации во всех деталях. Но такое оказывается возможным при осмысленном использовании физических моделей. Конечно, модели могут быть заданы условием задачи, но такое происходит далеко не всегда в полном объеме, чего требует реальная ситуация.

Рассмотрим пример: В теплоизолированном сосуде под поршнем массой M и площадью основания S находится водяной пар массой m при температуре T_0 . Первоначально в сосуде было давление p , а снаружи давление p_0 . После того, как поршень отпустили, в сосуде установилось новое равновесное состояние. Определите, на сколько сместился поршень. Трением поршня о стенки сосуда пренебречь. Считать водяной пар на протяжении всех изменений в системе ненасыщенным.

Решение

1. Пример определения моделей объектов и явлений

Физические явления	Объекты	Модели объектов	Модели явлений	Границы применимости моделей явлений
1. Тепловое взаимодействие газа со стенками сосуда	Водяной пар	Идеальный многоатомный газ	Отсутствие теплопередачи между газом и стенками сосуда	Если количество теплоты, отдаваемое стенками сосуда пренебрежимо мало по сравнению с энергией газа
	Стенки сосуда	Теплонепроницаемые стенки		
2. Механическое взаимодействие газа с поршнем	Водяной пар	Идеальный многоатомный газ	Абсолютно упругие удары молекул газа о поверхность подвижного поршня	Если газ не очень сильно сжат (его можно считать идеальным) и если поверхность поршня является твердой
	Поршень	Твердый поршень		
3. Трением между поршнем и стенками сосуда	Стенки сосуда	Стенки гладкие	Трение мало	Трение между поршнем и стенками сосуда можно пренебречь, если их поверхности достаточно гладкие
	Поршень	Поршень имеет гладкую боковую поверхность		
4. Переход водяного пара в воду или лед	Водяной пар	Ненасыщенный водяной пар как идеальный газ	Отсутствие перехода водяного пара в другие агрегатные состояния	Если водяной пар в процессе движения поршня не достигает насыщения

Теперь после определения моделей объектов и моделей явлений можно переходить к математическому моделированию физических процессов. Для этого здесь можно использовать первый закон термодинамики и уравнение Менделеева – Клапейрона для двух состояний (начального и конечного) водяного пара.

Методология изучения физических измерений в школе. Существует немало методик изучения физических измерений в школьной физике, однако до сих пор проблема успешного освоения этого материала остается [1]. Для ее решения, видимо, необходимо переосмыслить (а точнее, построить новую) методологию изучения физических измерений в школе. На наш взгляд, принципиально необходимо включить в школьный курс физики элементы методологии физических измерений как метода познания. Это позволит решить некоторые проблемы школьного физического образования. Например, весьма частой ошибкой в школьной практике (да и за ее пределами тоже) является отождествление в сознании людей мира природы с миром науки, фактически научной картиной мира. 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 объектом мира науки и формируется под его влиянием.

Мир науки в современной цивилизации тесно связан с математическим формализмом, который в свою очередь влияет на структуру научного мира, однако и сам формируется под

его влиянием. На данном этапе развития науки основным методом исследования многих явлений окружающего нас мира является **численный метод**. Каким же путем человек приходит к количественному методу описания природы? Вопрос этот довольно сложен, он широко обсуждался и обсуждается в философии и методологии науки. Мы же покажем лишь, каким образом можно вводить в физику величины для характеристики свойств объектов и процессов. 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. 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 позволяет сравнивать свойства объекта со свойством эталона. 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 отразить в виде схемы (рис. 4.4).

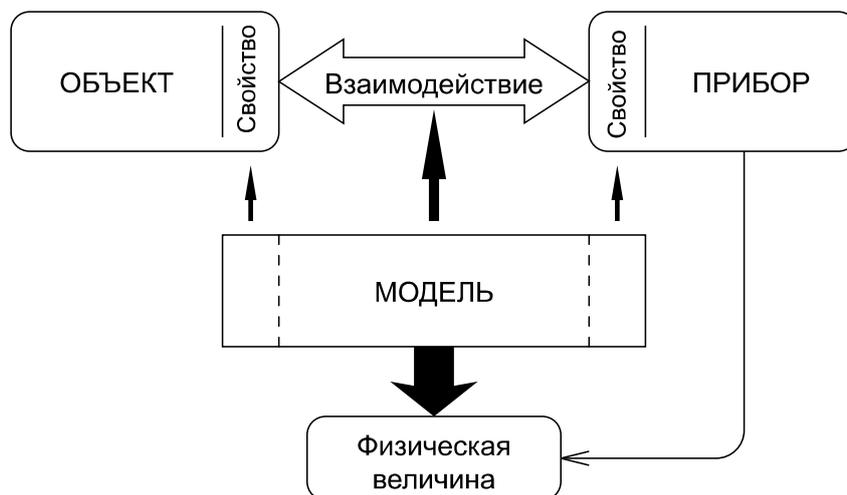


Рис. 4.4.

Вообще, 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 можно выразить в виде схемы (рис. 4.5).

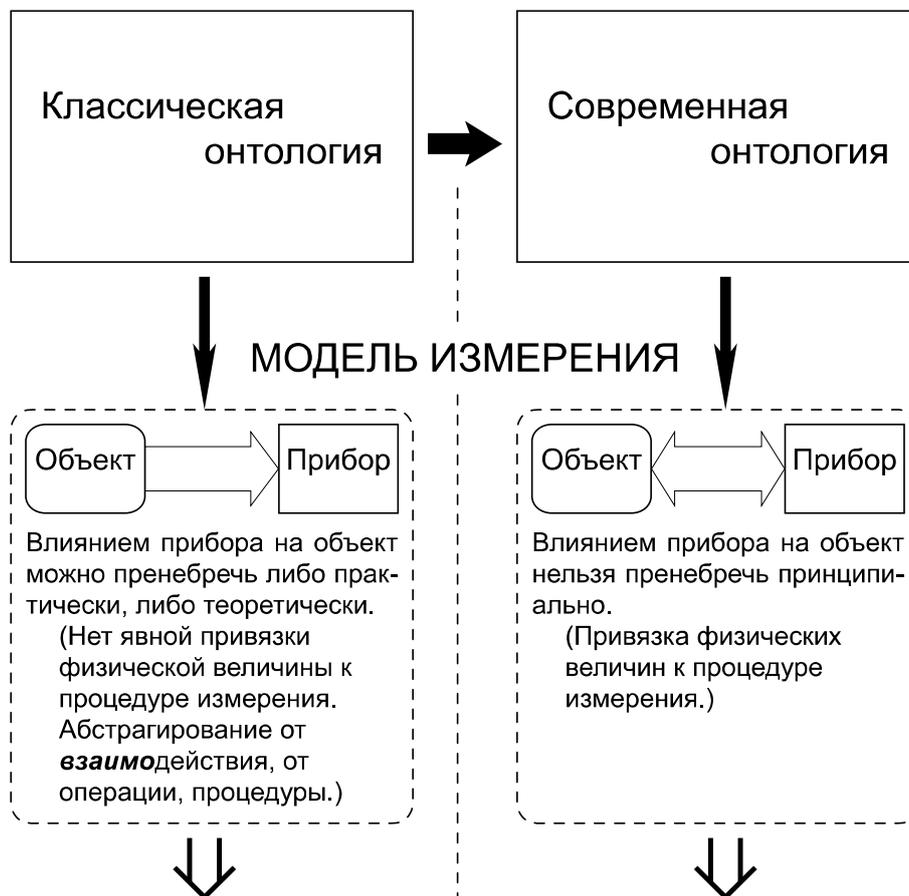


Рис. 4.5.

Как видно из схемы, современная онтология развивалась под значительным влиянием квантовой механики. Тем не менее с точки зрения современного миропонимания необходимо рассматривать именно современную модель измерения (*взаимодействие* прибора и объекта, модельный характер любого описания) даже применительно к ситуациям, находящимся в компетенции классической физики.

Важно также показать роль измерений при изучении объекта или явления на примере построения теоретической модели явления, основанной на опытных фактах. Ниже описан один из вариантов построения эмпирической теории: 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 — черным ящиком. Данная описательная, феноменологическая модель служит основой для создания модельной гипотезы уже объясняющей характер черного ящика, то есть для создания теоретической модели объекта.

Суммируя, можно построить обобщенную картину мира измерений (рис. 4.6). Здесь надо понимать, что современная методология измерений в науке формируется под влиянием прежде всего 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 при-

кладной метод. Кстати, вероятно, именно этот факт оказывает большое отрицательное влияние на учебные физические измерения.



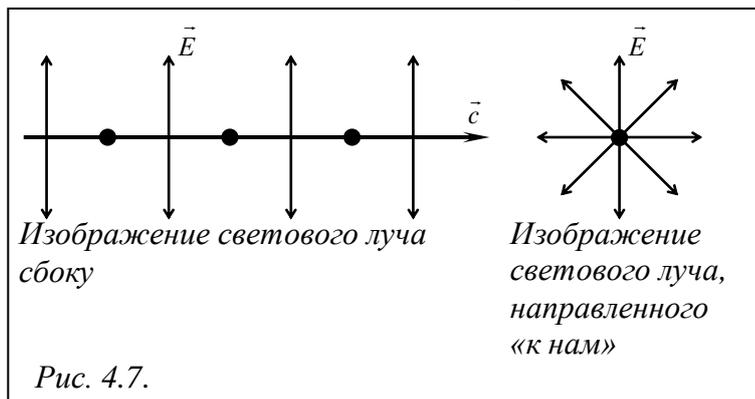
Рис. 4.6.

Уже сейчас в школьной физике необходимо явное рассмотрение физической и методологической стороны физических измерений. 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. К сожалению, часто между процедурной и формальной частями измерений присутствует временная брешь (процедура измерения проводится на уроке, а обработка результатов – самостоятельно, дома). И без того слабая связь

этих частей в сознании учащихся вообще теряется. Ученики не видят смысла производимых ими расчетов, а за рутинной вычислительной работой не видна суть осваиваемого опыта.

3. Понимание явления или технического устройства с помощью модели. Для понимания следует построить модель. Например, рассмотрим модель явления поляризации отраженного света (работа К. А. Коханова).

Видимая часть солнечного излучения представляет собой совокупность электромагнитных волн с длинами волн от 350 до 800 нм. Это означает, что расстояние между максимумами вектора напряженности электрического поля той или иной волны составляет от $350 \cdot 10^{-9}$ до $800 \cdot 10^{-9}$ м. И мы не случайно делаем акцент на электрическую составляющую электромагнитной волны, ведь именно изменяющееся электрическое поле в этой волне воспринимается нашим глазом.

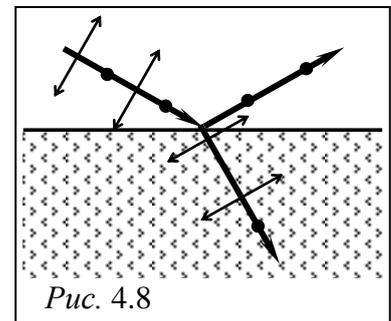


электромагнитной волны, ведь именно изменяющееся электрическое поле в этой волне воспринимается нашим глазом.

Для удобства световой пучок, попадающий в наш глаз, договоримся изображать вектором скорости \vec{c} вместе с перпендикулярными к нему векторами электрической напряженности \vec{E} . Тогда каждый световой луч из рассматриваемого

пучка можно показать так, как это сделано на рис. 4.7. В так называемом естественном свете в каждом луче колебания напряженности происходят по всем направлениям, перпендикулярным скорости. Но для простоты указывают не все векторы \vec{E} , а лишь несколько (четыре, шесть или больше).

Объясним отражение светового луча от гладкой диэлектрической поверхности с помощью модели. Попавшая на поверхность диэлектрика электромагнитная волна поглощается молекулой и тут же переизлучается в виде двух волн, одна из которых распространяется в толщу диэлектрика, а другая – обратно – в ту среду, из которой пришла падающая волна. Если угол между отраженным и преломленным лучом окажется прямым, то в отраженной волне останутся колебания вектора напряженности только в одном направлении – перпендикулярном плоскости чертежа (рис. 4.8). Почему с точки зрения нашей модели в отраженном свете сохранились колебания вектора напряженности только в одной плоскости? Дело в том, что соответствующая волна была рождена молекулой, «раскаченной» падающим светом. Но направления колебаний молекулы оказались такими, что некоторые векторы напряженности оказались параллельными вектору скорости отраженного луча. Однако в световой волне колебаний с таким направлением быть не может, ведь она является поперечной. Так отраженный от диэлектрика свет оказывается плоскополяризованным (иногда такую поляризацию называют линейной), то есть лишенным колебаний вектора электрической напряженности во



всех, кроме одной, плоскостях.

* * *

В методике обучения физике проблематика моделирования стала настолько широкой, что фактически выделилась в специальное направление методической деятельности и дидактических исследований. В главе показан образовательный потенциал освоения моделей и моделирования.

Глава 5. Ресурсы учебной деятельности по решению задач и проблем в школьном курсе физики

Я имею знаковую форму на листе бумаги,
а объективное содержание этой знаковой формы
находится не здесь, на листе бумаги,
а вне листа, в другом месте.

*Г. П. Щедровицкий**

Решение задач необходимо для освоения опыта репродуктивной деятельности, освоения норм деятельности, в том числе знаний, а освоение решения проблем необходимо для решения неопределенно сложных задач жизни и науки, т. е. в условиях обучения для освоения норм творческой деятельности.

5.1. Решение учебной физической задачи как исследование

Время, т. е. деятельность, за последние двадцать лет существенно изменилось. Интеллект все смелее, хотя пока и косвенно, становится стратегическим ресурсом страны, помимо его индивидуальной значимости для развития. И поэтому усвоение норм современного мышления и мировоззрения должно быть обеспечено содержательно и организационно. Следует признать, что за последние годы понимание этих качеств усложнилось, но в реальности деятельность (по структуре и смыслам) школьников фактически не изменилась. Никакое дополнительное физическое содержание уже не даст принципиального эффекта, если не будет изменена сама деятельность. Эта установка пока все ещё реализуется в муках.

Вот почему, по нашему мнению, ключевым для практического продвижения в формировании мышления школьников является изменение отношения к физической задаче и процедурам по её решению. Исторически эта проблема уходит в послевоенные годы. Сейчас для её разрешения 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 экзамены), так в широком смысле для реальной жизни, для управления, производства, науки. Итак, есть резон резко ставить вопрос о программе-проекте совершенствования физического образования через раскрытие потенциала школьных учебных физических задач. Шаг вперед, отчасти, позволяет сделать учебный курс для 10–11-х классов «Методы решения физических задач». Его цели согласуются с общими задачами рассмотрения вопросов методологии научного познания в школьном курсе физики (см. [105–108]).

Методологическое основание элективного курса. 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 быть представлены в форме

* Щедровицкий Г. П. Философия. Наука. Методология. М.: Школа культурной политики, 1997. С. 531.

учебной физической задачи. Могут и должны. 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. Отсюда и особенности отношения с задачей (рис. 5.1). 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.

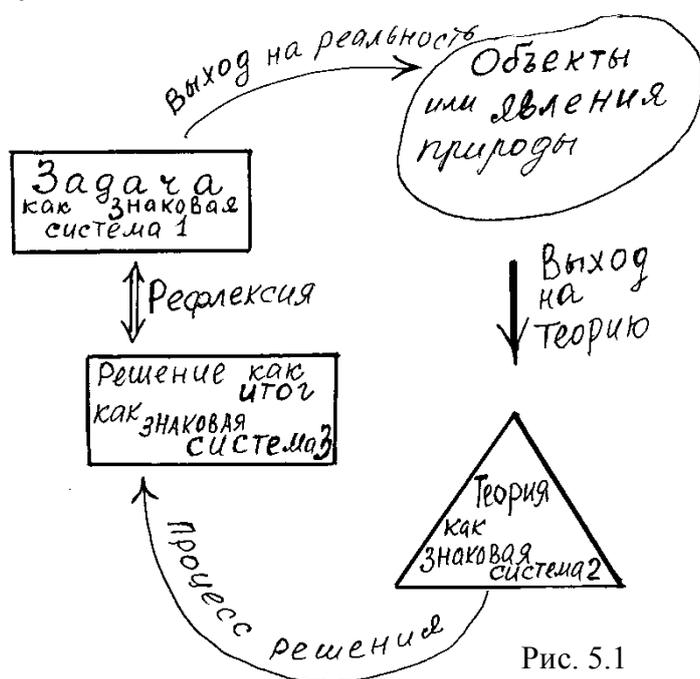


Рис. 5.1

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 усилии – ни урока без экспериментальной задачи! А это, в том числе, и умение видеть задачи вокруг себя.

Учебная деятельность по решению задач – это увлекательная (совместная, напряженная, эмоциональная, всегда результативная и т. д.) 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.

К задаче не может быть прикладного отношения, например просто решение на оценку. Оценка важна, но нормы оценки вместе с задачами тоже должны изменяться. Не надо забывать и опыт: чтобы уметь решать задачи – надо их решать. А значит, надо бороться за учебное время, организовывать внеучебную деятельность, участвовать в олимпиадном движении, турнирах юных физиков и в интеллектуальных соревнованиях других форм организации.

Методическое построение курса, прежде всего, выражено в структуре и содержании предлагаемого материала, т. е. задач, примеров их решений и др. Структура элективного курса представлена ниже.

Глава I. Учебные физические задачи и их решение

1. Физическая задача. Классификация задач. Что такое физическая задача. Состав физической задачи. Физическая теория и решение задач. Значение задач в обучении и жизни. Классификация физических задач по требованию, содержанию, способу задания, способу решения. Примеры задач всех видов. Составление физических задач. Основные требования к составлению задач. Способы и техника составления задач. Примеры задач всех видов.

2. Правила и приемы решения физических задач. Общие требования при решении физических задач. Этапы решения физической задачи. Работа с текстом задачи. Анализ физического явления; формулировка идеи решения (план решения). Выполнение плана решения задачи. Числовой расчет. Использование вычислительной техники для расчетов. Анализ решения и его значение. Оформление решения задачи. Типичные недостатки при решении и оформлении решения физической задачи. Изучение примеров решения задач. Различные приемы и способы решения физических задач: алгоритмы, аналогии, геометрические приемы. Метод размерностей, графические решения и т.д.

Глава II. Механика: 3. Динамика и статика. Законы сохранения

Глава III. Молекулярная физика: 5. Строение и свойства газов, жидкостей, и твердых тел. 6. Основы термодинамики

Глава IV. Электродинамика: 7. Электрическое и магнитное поля. 8. Электромагнитные колебания и волны

Глава V. Квантовая физика: 9. Квантовая оптика, физика атома, атомного ядра и элементарных частиц. 10. Наиболее общие методы решения физических задач.

Приведем **три примера методических решений** по организации работы с задачами.

I. **Первое методическое решение.** Повторим необходимость использования **новых видов учебных задач**, например задач с методологическим содержанием. Важно знать образцы таких заданий и задач, ниже и задаются их смыслы (см. полнее 1.4).

- На определение **статуса знания** (понятий, законов, фактов, принципов и т.д.). Например.

- На использование **моделей и моделирования** при познании природы, на функции моделей в физике.

- На **выдвижение гипотез**, их доказательство теоретическими и экспериментальными методами.

- На использование **анalogии**, как приема научного познания.

- На различные аспекты **построения научного знания**: структура теории, виды знания, функции знания и др.

- 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.

- 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.

- На **отделение объектов природы от объектов науки**, т.е. 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.

- На **конструирование** (теоретическое и экспериментальное) объектов, задач, проблем.

- На комплексное **исследование физического объекта**: разные явления, разные средства описания и др. Например: опишите все физические свойства предложенного карандаша.

II. Второе методическое решение состоит в определении отношения к структуре и процессу решения любой задачи. Это ключевой методический вопрос. Для формирования новых качеств изменение деятельности (усложнение структуры, новые формы и др.) – совершенно необходимо.

Приведем пример анализа и решения задачи: «Два груза, связанные между собой нитью, двигаются по горизонтальной гладкой поверхности. Когда к правому грузу приложена сила 100 Н в горизонтальном направлении, тогда сила натяжения нити 30 Н. Каким будет натяжение нити, если грузы поменять местами? Чему равно отношение масс грузов».

Первый этап: Анализ физического явления

1. Два груза двигаются поступательно, значит, их можно моделировать материальными точками. Грузы взаимодействуют между собой, на каждый из них действует Земля, поверхность, воздух. Напомним, что плоская поверхность может действовать двояко.

2. В задаче рассматриваются два различных случая. Они имеют между собой много общего: одни и те же объекты, одни и те же виды взаимодействия, причем действие Земли и плоскости остается постоянным. (Вопрос для обсуждения: на основании чего можно сделать такой вывод?). Взаимодействие материальных точек (модели грузов) в наблюдаемых случаях неодинаково. В первом случае взаимодействие характеризуется двумя силами, равными по 30 Н, противоположно направленными и приложенными к материальным точкам. Необходимо охарактеризовать это взаимодействие во втором случае.

3. Сила, характеризующая действие Земли, и сила, характеризующая реакцию опоры, для каждого тела равны по величине, противоположно направлены. Они остаются постоянными в обоих случаях. О силе трения в задаче прямо не сказано, но, раз плоскость гладкая, примем отсутствие трения. (А «на потом» заметим: изменится ли результат при наличии трения?)

4. Итак, по условию и по требованию это задача по динамике. В динамике известно два метода решения: использование законов Ньютона или законов сохранения. В нашем случае необходимо составить уравнения движения для системы двух тел. Описание взаимодействующих грузов состоит из описания движения каждого отдельного объекта уравнением второго закона Ньютона.

5. Очевидно, что при отсутствии значения массы тел необходимо начать решение задачи в общем виде.

6. Выполним рисунок (рис. 5.2 а, б). Выберем ИСО (одна ось, связанная с опорой). Введем соответствующие обозначения. Запишем краткие условия задачи.

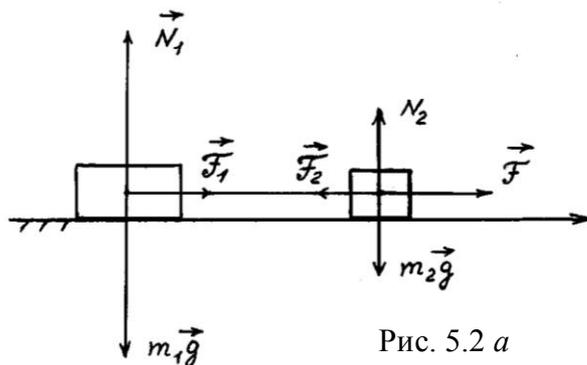


Рис. 5.2 а

Второй этап: План решения

1. Общей идеей решения является описание движения двух материальных точек законами Ньютона. С учетом третьего закона это описание можно разделить на два: описание движения одной материальной точки и описание движения другой. Таким образом, имеем систему двух уравнений.

2. Для двух случаев имеем четыре уравнения.

3. Полученные векторные уравнения при проектировании на оси системы отсчета дают восемь скалярных. Заметим, что из них четыре – нулевые. Они получаются при проектировании уравнений движения на ось ОУ. Если учесть, что всегда при отсутствии движения тела по вертикали сумма проекций сил на ось ОУ равна нулю, то можно ограничиться использованием системы отсчета из одной оси.

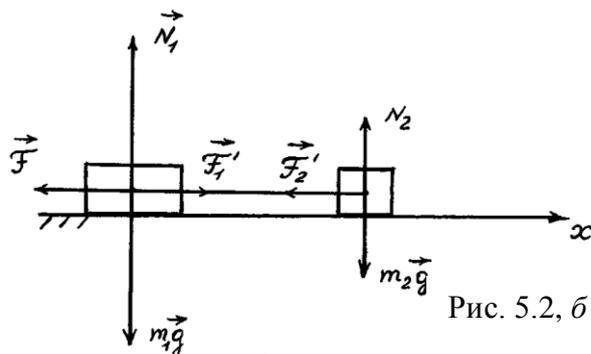


Рис. 5.2, б

Третий этап: Осуществление плана, или решение

1. С учетом обозначений всех сил, действующих на грузы, строим векторные уравнения динамики:

$$m_1 \vec{a}_1 = m_1 \vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_1, \quad m_2 \vec{a}_2 = m_2 \vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_2 + \vec{F}.$$

Это уравнения для первого случая движения.

Для второго случая движения по аналогии получаем:

$$m_1 \vec{a}'_1 = m_1 \vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}'_1 + \vec{F}$$

$$m_2 \vec{a}'_2 = m_2 \vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}'_2.$$

2. Записываем дополнительные условия $|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2|$ и $|\vec{a}'_1| = |\vec{a}'_2|$

Равенство ускорений объясняется связью тел с помощью нерастяжимой нити. Поэтому тела движутся как единое целое. По третьему закону Ньютона имеем: $|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2|$ и

$$|\vec{F}'_1| = |\vec{F}'_2|.$$

Поскольку тела находятся на горизонтальной плоскости, по вертикали не двигаются, а на них действуют лишь пары сил, то сила тяжести равна по модулю силе реакции опоры:

$$|m_1 \vec{g}| = |\vec{N}_1|, \quad |m_2 \vec{g}| = |\vec{N}_2|.$$

3. Проектируем на ось ОХ, делаем упрощения в обозначениях:

$$m_1 a = F_1$$

$$m_2 a = F - F_1$$

$$m_1 a' = F - F_1'$$

$$m_2 a' = F_1'.$$

4. Применим прием почленного деления уравнений, что позволяет исключить ускорения из рассмотрения. Отношение масс можно обозначить величиной X, в результате получаем два уравнения с двумя неизвестными:

$$X = \frac{F_1}{F - F_1} \quad \text{и} \quad X = \frac{F - F_1'}{F_1'}.$$

5. Приравнивая правые части, имеем решение в общем виде $F_1' = F - F_1$. Этот ответ мы получаем также из второго и четвертого уравнений, если показать, что ускорение системы тел в обоих случаях одинаково и равно: $a = \frac{F}{m_1 + m_2}$. Искомое отношение масс равно:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{F_1}{F - F_1} = 3/7. \text{ Числовой ответ} - 70 \text{ Н.}$$

Четвертый этап: Обсуждение решения (анализ, рефлексия)

1. Проанализируем решение в общем виде. Здесь нам поможет рассуждение: «А что будет, если...». Если силы F и F_1 равны, то формально это равносильно отсутствию тела m_2 (см. рис. 5.2a). Последнее условие «разрушает» задачу.

2. Если принять равным нулю значение одной из сил F или F_1 , то тогда ситуация будет противоречить условию и требованию задачи. В самом деле, отсутствие, например, силы F_1 , равнозначно отсутствию действия второго тела на первое (см. рис. 5.2a).

Выводы. В центре решения любой задачи стоит математическое описание (моделирование) физических явлений. Вот почему, во-первых, следует выделить **нужные** физические явления, и, во-вторых, описать их физическими законами. На первом и втором этапах решения задачи идет подготовка к математическому моделированию физического явления. На третьем этапе идет работа с математической моделью. Здесь важно правильно и умело выполнить все нужные математические операции: составить системы уравнений, спроектировать их на оси системы отсчета, произвести алгебраические преобразования, выразить нужную физическую величину и найти ее численное значение. Ясно, что при выполнении всех действий нужно быть внимательным – ошибка в каком-либо действии делает всю остальную работу напрасной. Вот почему следует постепенно, аккуратно выполнять чертеж, математические действия и др. Успешное решение любых задач требует этих качеств. Если, например, на чертеже не указано какой-то силы, то неправильно будет составлено уравнение, труд по его решению будет напрасным.

III. Третье методическое решение. При получении ответа решения любой задачи процесс творчества не должен заканчиваться. Возможны другие способы решения задачи, более оригинальные. В качестве примера рассмотрим процесс решения **задачи**: «На каком максимальном расстоянии может находиться человек, бегущий равномерно со скоростью v от автобуса, движущегося с ускорением a , чтобы успеть догнать автобус, если в начальный момент скорость автобуса равна нулю?».

Очевидно, что чем больше скорость человека, тем это расстояние больше, чем больше ускорение автобуса, тем это расстояние меньше.

Это хорошо видно из графиков (рис. 5.3), сравнивая соответствующие площади фигур, численно равные расстоянию. Тогда, исходя из этих соображений, а также из анализа наименований физических величин, можно сразу сказать, что $S = k \frac{v^2}{a}$.

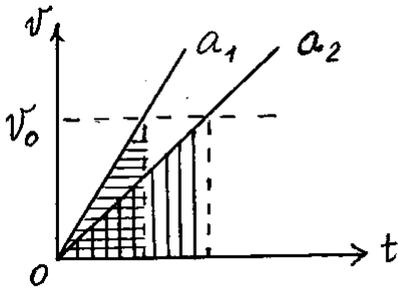
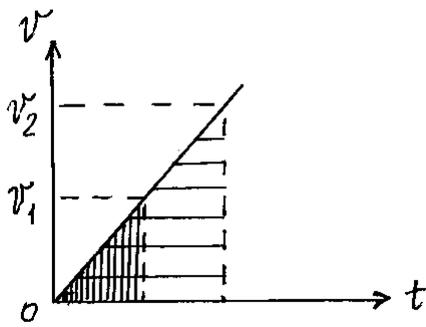


Рис. 5.3

Такой анализ очень полезен для учащихся, так как, научившись устанавливать физические связи между величинами, школьник всегда сможет осознанно проверить, насколько реален полученный им ответ. Эту задачу можно решить графическим способом.

Изобразим графики координаты от времени для автобуса и для пешехода (рис. 5.4).

Если эти графики не пересекутся (1), то пешеход никогда не догонит автобус, если пересекутся в двух местах (2), то расстояние не будет максимальным. Значит, единственно возможный случай, когда график координаты от времени для пешехода является касательной к графику координаты от времени для автобуса (3). Приравняем координату автобуса к координате пешехода:

$$vt = x_0 + at^2 / 2 \rightarrow at^2 - 2vt + 2x_0 = 0.$$

Условием единственности решения является равенство нулю дискриминанта. Из этого условия сразу находим искомое расстояние:

$D = 4(v^2 - 2ax_0) = 0 \rightarrow x_0 = \frac{v^2}{2a}$. (При дискриминанте, равном нулю, x_0 принимает максимальное значение, а время, через которое человек догонит автобус равно $t = \frac{v}{a}$).

При решении различных задач основное внимание уделяется не решению конкретной задачи, а подходу в решении, благодаря чему у школьников накапливается набор различных подходов, и теперь уже они не решают задачу полностью, а анализируют ее частями: «Нужно найти такую то величину. Ее мы найдем, если будем знать это и это. Это найдем, используя такой-то подход, а это найдем, исходя из таких-то соображений». Такое умение видеть решение задачи целиком очень полезно для школьников, так как в данном случае, учащиеся осознанно находят какие-то величины, а не подобны «слепым», блуждающим в бесконечном лабиринте в поисках правильного решения.

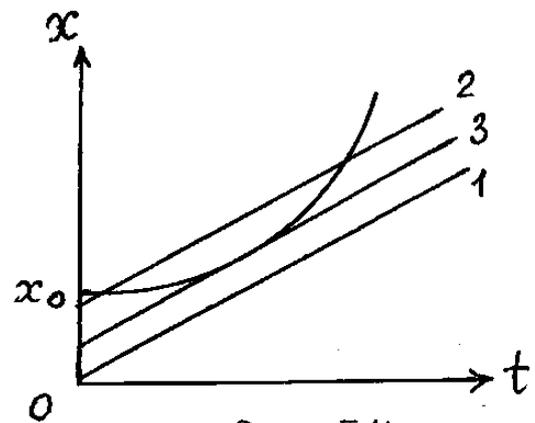


Рис. 5.4

Поэтому, для того чтобы ученики овладели как можно большим набором различных подходов, после решения очередной задачи им предлагается решить эту же задачу каким-нибудь другим способом. Интересно то, что очень много решений, которые предлагают ребята, значительно проще, интересней и «физичней» решений, предлагаемых авторами задач. Приведем, к примеру, решения задачи с пешеходом и автобусом, которые предложили два учащихся 10 класса школы № 75 п. Черноголовки: Володя и Олег.

Решение Олега

Если скорость автобуса стала v , а пешеход его не догнал, значит он его вообще не догонит, если же он догонит его раньше, то первоначальное расстояние не будет максимальным. Значит, время движения и автобуса и пешехода равно $t = \frac{v}{a}$. Тогда искомое расстояние

$x_0 = vt - at^2 / 2$. Подставив время, получим: $x_0 = \frac{v^2}{2a}$.

Решение Володи

Пусть автобус неподвижен. Тогда человек движется относительно него равнозамедленно с ускорением a и с начальной скоростью v . В момент, когда координаты человека и автобуса совпадают, относительная скорость равна нулю, иначе они вообще не встретятся, либо расстояние не будет максимальным. И тогда можно сразу записать, что $x_0 = \frac{v^2}{2a}$.

Решение задачи, требующей, на первый взгляд, применения методов высшей математики, записывается сразу же в виде ответа. Однако это кажущаяся простота, так как такое решение требует не только знаний по физике, но и глубокого ее понимания.

Всего ученики нашли восемь решений этой задачи, причем все эти решения были подробно разобраны на доске. И хотя подобная проработка отнимает много времени, но оно потрачено не зря: хорошо осознав тот или иной подход решения задачи, ученики могут применить его при решении принципиально других задач.

В настоящее время издано много хороших сборников задач, в том числе и пособий, готовящих к сдаче экзамена в форме ЕГЭ. Важно помнить, что успех в формировании умений решать задачи заключается не только в количестве решенных задач, но и в детальном анализе решения каждой задачи, желательно не простых, ибо, как гласит народная мудрость, «в мелкой воде плавать не научишься».

5.2. Творчество школьников при решении учебных проблем*

Следует со всей определенностью не только признать важность, но и активно проектировать как можно шире творческую деятельность всех школьников. Это стратегическая задача для развития физического образования! Содержание, уровни организации, методы и приемы образовательной деятельности могут варьироваться в широких пределах. Это, прежде всего, зависит от особенностей развития школьников, условий региона, традиций данного образовательного учреждения, подготовки и предрасположенности деятельности учителя и др. Но в любом случае формирование творческих способностей должно стать ежедневной заботой деятелей образования.

В методике физики и практике физического образования накоплен богатый или даже уникальный опыт организации творчества школьников. Ниже обозначены теоретические **основы проектирования творческой деятельности**, причем в разных условиях.

1. Выполнение экспериментальных исследований. В дополнение к сказанному выше (глава 3), во-первых, подчеркнем большой воспитательный потенциал такой творческой деятельности (формируются воля и мотивы в преодолении трудностей неопределенной сложности, осваивается метод научного

* См. [58–77, 103–105, 117–118, 120 и др.].

познания как норма деятельности, формируются самые разные практические умения и др.), во-вторых, создаются благоприятные условия для интеллектуального и эмоционального развития школьников (радость познания, коллективная познавательная деятельность и др.).

Приведем образцовый пример организации творческой деятельности при экспериментировании. Рассмотрим возможный вариант методики изучения действия магнитного поля на движущиеся заряды и проводники с током (см. работы В. В. Майера, Е. И. Вараксиной и др.). Покажем, как обучить применению изученной теории для *объяснения* незнакомого явления и для *конструирования заданного технического устройства* (электродвигателя – «униполярного мотора» и «самодвижущейся колесной пары электромотоцикла»).

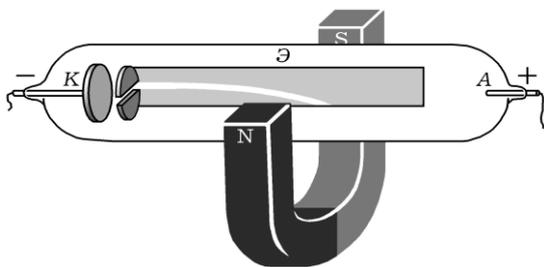


Рис. 5.5

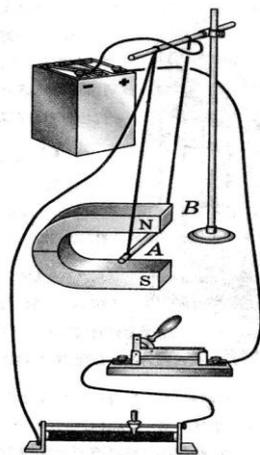


Рис. 5.6

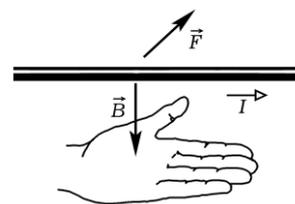


Рис. 5.7

Наблюдения явлений отклонения в магнитном поле пучка электронов (рис. 5.5), а также и проводника с током (рис. 5.6) дают основание для выдвижения гипотезы о действии а них магнитного поля с силой, направление которой определяется правилом левой руки (рис. 5.7): *если расположить ладонь левой руки по направлению тока так, чтобы линии магнитной индукции входили в ладонь перпендикулярно ей, то отогнутый большой палец покажет направление действия магнитной силы на проводник.*

Убеждаемся в том, что оба явления происходят в соответствии с этим мнемоническим правилом. Теперь можем предполагать, что указанному правилу подчиняются и другие явления направленного движения зарядов в постоянном магнитном поле. Поэтому естественно допущение, что правило левой руки позволяет объяснять, предсказывать и использовать на практике для достижения поставленных целей все физические явления, вызванные действием магнитного поля на электрический ток.

Чтобы экспериментально обосновать это предположение, используем неодимовый магнит, который легко приобрести через Интернет, стальной шуруп-саморез, гальванический элемент и кусок гибкого многожильного провода с очищенными от изоляции концами.

Собираем экспериментальную установку (рис. 5.8): к шляпке шурупа примагничиваем неодимовый магнит, а шуруп с магнитом острием примагничиваем к полюсу гальванического элемента. Теперь берем провод и один его конец присоединяем к свободному полюсу элемента.

Задаем учащимся вопрос: что произойдет, если другим концом провода коснуться цилиндрической боковой поверхности магнита? (При этом кто-то из школьников может сразу догадаться, что при замыкании цепи магнит вместе с шурупом будут вращаться! Почему? Да потому что это явление связано с током в магнитном поле! Но догадка требует обоснования и экспериментальной проверки.)

Касаемся проводом обода магнита и благодаря приклеенному к шурупу флажку учащиеся видят, что магнит и шуруп действительно приходят в быстрое вращение.

Как объяснить обнаруженное в опыте явление? Наличие в экспериментальной установке источника тока и постоянного магнита наводит, по аналогии с предыдущими опытами, на мысль, что вращение магнита происходит в результате действия силы магнитного поля на электрический ток. Эту догадку нужно обосновать теоретически и проверить экспериментально.

Теоретическое обоснование гипотезы состоит в построении схемы силовых линий магнитного поля и линии тока, идущего от периферии к центру магнита по его поверхности. Проводник с током образован узкой проводящей полоской от центра магнита O до точки контакта A (рис. 5.9). Магнитная сила может быть обозначена вектором \vec{F}' .

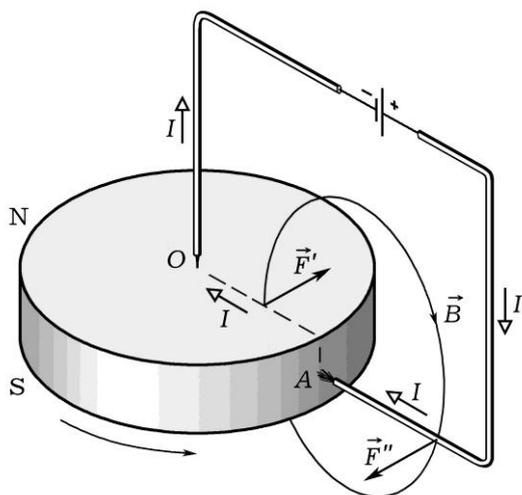


Рис. 5.9

В настоящее время во многих странах ведутся работы по созданию электромобиля. Эта информация может заинтересовать учащихся настолько, что вызовет желание на основе проведенного исследования сконструировать модель электромобиля с униполярным двигателем. Учитель может конкретизировать задачу, обратив внимание школьников на то, что круглые неодимовые магниты могут быть использованы не только в качестве источников магнитного поля, но и в качестве колес модели.

Если такое задание окажется непосильным, то можно дать изображения различных вариантов требуемой модели и дать задание обосновать эти проекты и проверить их экспериментально. На схемах (рис. 5.10, 5.11) даны варианты схематического обоснования возможных конструкций и пример экспериментального образца (рис. 5.12). Все варианты, по существу являются результатом последовательного соединения источника тока и двух магнитов-дисков через ось

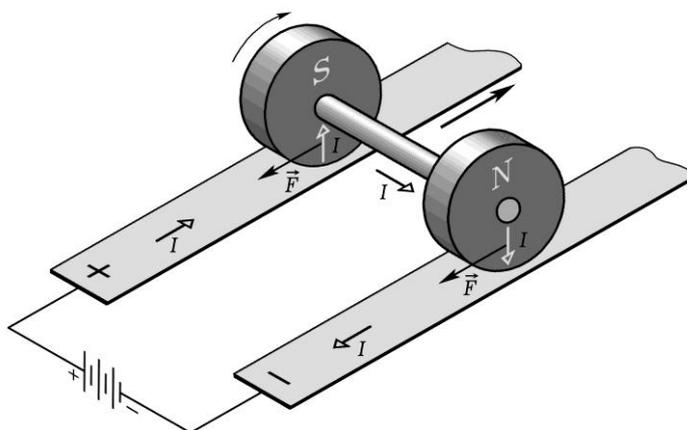


Рис. 5.10



Рис. 5.8

Экспериментальная проверка состоит в установлении соответствия направления вращения магнита правилу левой руки. Для проверки гипотезы выполняем эксперимент: компасом определяем полюса неодимового магнита и устанавливаем магнит так, чтобы его северный полюс был обращен вверх. Примагничиваем ротор к отрицательному полюсу гальванического элемента, прикасаемся проводом к боковой поверхности магнита и убеждаемся, что он вращается в ту сторону, в которую предсказывает гипотеза (рис. 5.9). Таким образом, сделанное предположение подтверждается экспериментом.

От познавательной деятельности по изучению незнакомого явления можно перейти к инновационной, творческой деятельности по конструированию устройства с заданными свойствами. Исследованное явление вращения магнита, по одному из полюсов которого идет электрический ток, может быть использовано для создания униполярного (однополюсного) электромотора.

В настоящее время во многих странах ведутся работы по созданию электромобиля. Эта информация может заинтересовать учащихся настолько, что вызовет желание на основе проведенного исследования сконструировать модель электромобиля с униполярным двигателем. Учитель может конкретизировать задачу, обратив внимание школьников на то, что круглые неодимовые магниты могут быть использованы не только в качестве источников магнитного поля, но и в качестве колес модели.

Если такое задание окажется непосильным, то можно дать изображения различных вариантов требуемой модели и дать задание обосновать эти проекты и проверить их экспериментально. На схемах (рис. 5.10, 5.11) даны варианты схематического обоснования возможных конструкций и пример экспериментального образца (рис. 5.12). Все варианты, по существу являются результатом последовательного соединения источника тока и двух магнитов-дисков через ось

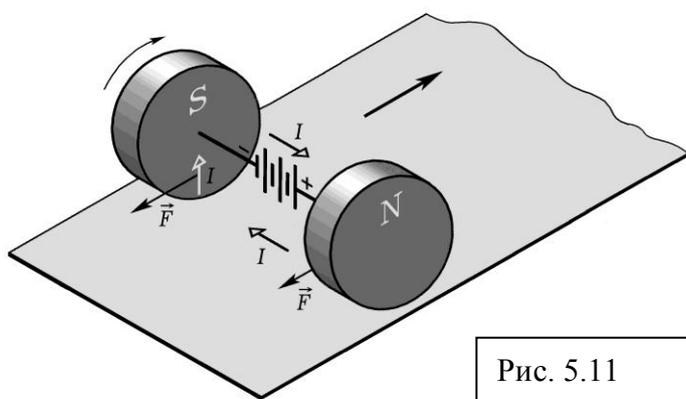
одноименными полюсами навстречу друг другу. Их вращение в одну и ту же сторону подчиняется правилу левой руки в соответствии с рис. 5.9.

Вариант 1. Два диска-магнита крепятся на стальной оси полюсами навстречу друг к другу и становятся на токопроводящие рельсы. При замыкании цепи (рис. 5.10) происходит вращение магнитов соответственно правилу левой руки.

Вариант 2. Первый вариант можно упростить, исключив рельсы и отдельный источник тока. Для этого диски-магниты примагничиваются прямо к корпусу источника тока. Если такую колесную пару поставить на токопроводящую поверхность, то она покатится под действием магнитной силы на ток в колесе в соответствии с правилом левой руки (рис. 5.11).

Вариант 3. Можно избавиться и от необходимости токопроводящей поверхности дороги (рис. 5.12). Достаточно для пуска модели замкнуть электрическую цепь проводом (из «кабины» автомобиля!).

Во всех рассмотренных вариантах совпадение результата эксперимента с теоретическим предвидением вызывает восторг школьников!



Итак, на частном примере изучения действия магнитного поля на проводник с током показано, что метод научного познания при экспериментировании: а) вызывает познавательный интерес учащихся при наблюдении незнакомого явления; б) помогает им интерпретировать явление, распознав в исследуемом явлении действие изученных законов; в) способствует построению теоретической модели явления, получению из нее следствия и проверке их в эксперименте; г) помогает сделать важный вывод о возможности практического использования нового для них явления и подтвердить этот вывод экспериментально, оценив силу научного предвидения.

Вывод. Такого рода исследовательские и проектные задания для учащихся должны быть систематическими. Ими должны быть пронизаны все важнейшие темы школьного курса физики. Без организации систематической познавательной, инновационной и творческой проектной деятельности учащихся конкурентоспособного школьного образования не получится. Необходима модернизация всего школьного физического эксперимента. Из средства наглядности он должен превратиться в неотъемлемую органическую часть метода научного познания (см.: Разумовский В. Г., Майер В. В. Творческая проектная деятельность по физике в современной школе // Учебная физика. 2010. № 1. С. 9-19).



Рис. 5.12

II. Решение творческих задач. Творческие задачи – это, конечно, учебные проблемы. Они отличаются от обычных задач, прежде всего, отсутствием в явном виде метода решения. Итак, творческие задачи – это такие задачи, в которых надо, прежде всего, найти метод, но затем и умело его использовать. В жизни и науке встречаются именно такие задачи, деятельности по их решению и надо учить, т. е. надо формировать умения получать и применять полученные знания в многообразных ситуациях быстро изменяющейся действительности, способность генерировать оригинальные идеи, находить нетривиальные решения в проблемных ситуациях.

Признано, что продуктивная познавательная деятельность наиболее эффективно формируется, если **деятельность школьников организуется на основе логики научного познания:**

- всесторонний анализ условия и требования познавательной задачи;
- постановка проблемы;
- выдвижение гипотез для ее решения, их проверка;
- контроль и оценка результатов.

Вся познавательная деятельность человека есть не что иное, как непрерывающийся процесс постановки и решения все новых и новых задач. Поэтому так важно уметь их ставить и решать. **И это стратегическая установка!**

Опыт убеждает, что организовать творческую познавательную деятельность при решении задач по физике можно с помощью, например, **следующих приемов:** составление задач самими учащимися; составление системобразующих схем по изученному разделу; составление задач-таблиц; составление задач с использованием логических цепочек; подбор и использование системы задач репродуктивного характера, помогающих решению творческих заданий; использование эвристических приемов в процессе обучения решению задач и др. **Приведем примеры из опыта работы Н. М. Павлуцкой** [104].

1. Логические цепочки представляют собой запись, состоящую из первой и окончательной формул определенного рассуждения, а учащимся предлагается восстановить весь этот мыслительный процесс. Количество пропусков между формулами означает количество операций, необходимых для выражения тех или иных физических величин и получения за-

ранее заданного результата. Это задание может выглядеть так :
$$v = \frac{m}{M} = \dots = \dots = \frac{\rho N}{M n}$$

Обучение решению логических цепочек целесообразно начать с подробного объяснения и записи на доске всех звеньев логического рассуждения.

$$F = pS = \frac{mRTS}{MV} = \frac{\rho RTS}{M}$$

А задание для учащихся в этом случае можно сформулировать следующим образом: по предложенной логической цепочке составьте задачу так, чтобы данная цепочка являлась ее решением. Примерный текст задачи может выглядеть так: «Определить силу давления некоторого идеального газа, имеющего плотность ρ , находящегося под невесомым поршнем в сосуде, площадь поперечного сечения которого равна S , при температуре T ».

2. Опыт работы показывает, что учащиеся включаются в активную деятельность по составлению текста задачи (самостоятельное создание нового образовательного продукта). Мы предлагаем использовать не только стандартные расчетные задачи, но и задачи-таблицы: «По данным таблицы 5.1 составьте задачи по теме «Уравнение состояния идеального газа» и решите их»

Таблица 5.1

P	$\bar{v}, \frac{м}{с}$	$\bar{E}, Дж$	$n, м^{-3}$	$\rho, \frac{кг}{м^3}$	$N, молекул$	T	$V, л$
$4 \cdot 10^4$ Па	600	–	–	?	–	–	–
?	–	–	$3 \cdot 10^{25}$	–	–	300 К	–
0,5 атм	–	?	–	–	$25 \cdot 10^{25}$?	10^5
3 атм	–	$4,5 \cdot 10^{-21}$?	–	–	–	–
$1,24 \cdot 10^4$ Па	?	–	–	5,3	–	–	–
10^5	400	–	$3 \cdot 10^{25}$	1,29	–	$10^\circ C$?

Работа с задачами-таблицами может быть организована как для проверки знаний основных формул и физических величин, так и для формирования умений и навыков по решению стандартных задач.

3. Особое внимание в работе учителя для развития умений и навыков продуктивной познавательной деятельности должно быть уделено формированию умений решать качественные задачи. Например, через решение качественных задач можно организовать продуктивную актуализацию знаний учащихся, так как этот вид задач способствует либо переносу уже имеющихся знаний в новые, нестандартные ситуации, либо позволяет отследить некоторые новые закономерности.

К сожалению, опыт показывает, что учащиеся и выпускники школ испытывают трудности именно при решении качественных задач. Покажем, как можно более продуктивно организовать решение качественных задач на уроке на примере темы 11-го класса: «Волновые свойства света». В начале урока предлагаем подбор задач для на повторение. Запись на доске следующая:

I вариант. Явление интерференции света.

II вариант. Явление дифракции света.

III вариант. Явление дисперсии света.

Перед чтением задач дается пояснение, что будет предложено 15 задач на 3 варианта, из которых каждый выбирает только те случаи, которые соответствуют указанному в варианте явлению. Учитель уточняет, кто из учащихся какой вариант выполняет, и приступает к чтению условий задач.

С помощью каких явлений можно объяснить нижеследующее: 1. Разнообразную окраску полевых цветов. 2. Образование радуги. 3. Образование радужных полос в тонком слое керосина. 4. Расцветку крыльев стрекозы. 5. Образование цветных венцов вокруг уличных фонарей во время снегопада. 6. Образование цветных бликов, если рассматривать светящуюся лампочку сквозь ресницы. 7. Образование цветных полос на поверхности металла. 8. Появление цветных бликов на белых пуговицах, если на их поверхность нанесена мелкая шпателька. 9. Голубой цвет неба. 10. Разнообразную окраску крыльев бабочки. 11. Невозможность различить в оптическом микроскопе частицы размером менее 0,5 мкм. 12. Приобретение радужной окраски стеклянной пластиной вскоре после того, как на нее нанесли тонкий слой спирта. 13. Образование полугени от острого конца иглы. 14. Окрашивание окружающих предметов в зеленый цвет, если рассматривать их сквозь зеленое стекло. 15. Образование радужной окраски на поверхности мыльного пузыря.

Ответы в тетрадях учащихся к приведенным задачам записываются следующим образом:

Первый вариант. Интерференция света	Второй вариант. Дифракция света	Третий вариант. Дисперсия света
3	5	1
4	6	2
7	8	9
12	11	10
15	13	14

Этот этап на уроке занимает около десяти минут. При традиционном подходе такое количество задач за указанное время проанализировать невозможно, включив в работу всех учащихся класса. Предлагаемая методика позволяет решить за то же время большее количество задач при меньшей утомляемости обучающихся и большем внимании. При этом весь класс вовлекается в активную деятельность.

Остановимся на организации творческой познавательной деятельности с помощью **графических и экспериментальных задач**. В графических задачах иначе представлена информация об условии и требовании: явно или не явно выражена зависимость одной физической величины от другой. Поэтому в ходе решения учащиеся вынуждены анализировать все имеющиеся взаимосвязи, а затем делать определенные выводы, развивая при этом логическое и аналитическое мышление. То есть результатом решения графической задачи являются субъективно новые знания, полученные при установлении новых зависимостей и связей между физическими параметрами, а это – признаки продуктивной познавательной деятельности.

Так, например, при рассмотрении темы «Молекулярная физика» графические задачи позволяют более глубоко отработать законы идеального газа. В этом случае целесообразно сначала выяснить математическую зависимость характера расположения графиков относительно осей, обращая внимание обучающихся на величины, *не указанные* на графике. Как показывает наш опыт, учащиеся после ознакомления с такими графиками, решают задачи более успешно:

1) для изотермического процесса необходимо показать, что чем выше на графике расположена гипербола, тем выше температура данной массы газа (рис. 5.13);

2) для изобарного процесса необходимо обратить внимание учащихся на то, что чем ниже располагается изобара, тем давление для данной массы газа больше (рис. 5.14);

3) для изохорного процесса также указываем на то, что чем ниже расположена изохора, тем больше объем (рис. 5.15).

Только после этого переходим к решению серии графических задач. Практика показывает, что на решение всей подобранной нами системы графических задач при использовании предложенного подхода затрачивается не более 30 минут учебного времени. Следовательно, данный прием обеспечивает продуктивное и экономное использование учебного времени.

Повторим, для развития творческих способностей на уроках и во внеурочной работе особое значение имеют **экспериментальные задачи**. В процессе экспериментирования от учащихся практически всегда требуется принять самостоятельное участие в наблюдениях, в интерпретации данных, в выдвижении гипотезы, в конструировании эксперимента, а также в исследовании задачи как объекта в целом.

Роль эксперимента как фактора эмоционального воздействия трудно переоценить. Такое воздействие оказывают, к примеру, экспериментальные задания из цикла «Изучи себя»: измерение времени своей реакции; измерение максимальной скорости, которую можешь со-

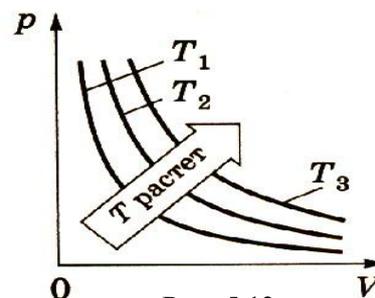


Рис. 5.13

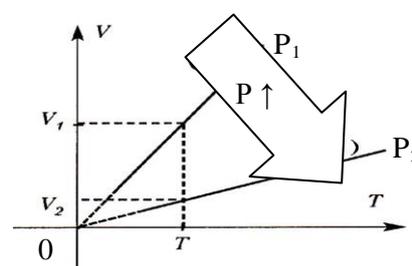


Рис. 5.14

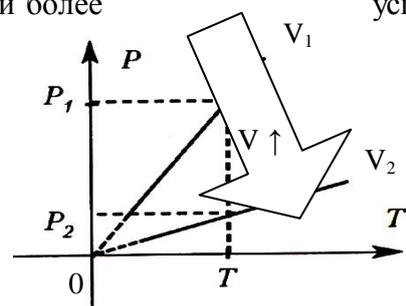


Рис. 5.15

обшить щелчком ластику; броском – теннисному мячу; измерение максимальной силы удара; измерение своей мощности при прыжке в высоту с места и т.д.

Свободно падающая линейка, отградуированная на основе законов кинематики, в секундах, превращается в прибор, с помощью которого ученики измеряют время своей реакции не только в классе, но и дома (например, у брата). Можно исследовать зависимость времени своей реакции от внешних факторов: утро – вечер, до и после физических упражнений и т. д. Большой познавательный интерес представляет измерение своей максимальной мощности при прыжке в высоту с места.

Как известно, удивительные и парадоксальные результаты опытов вызывают значительный интерес учащихся и желание постичь «секрет». Приведем очень наглядный пример. Поставьте следующий опыт: покажите, что два упругих шарика разной массы при падении на пол или массивный стол отскакивают, поднимаясь на высоту, чуть меньшей начальной высоты. Это – *очевидно*. А теперь положите легкий шарик на тяжелый и отпустите их *вместе*. К удивлению учащихся (и, как показывает опыт, даже многих учителей!), после отскока легкий шарик поднимается на высоту, в несколько раз большую начальной! Это кажется *«невероятным»* и побуждает учеников исследовать явление.

Особо ценно, если построить теоретическое исследование этого явления на качественном уровне, с помощью наглядных соображений. Для этого надо рассмотреть последовательные столкновения, выбирая каждый раз наиболее «подходящую» систему отсчета. Столкновение тяжелого шарика со столом удобнее рассматривать в системе отсчета, связанной со столом, – тогда в результате столкновения модуль скорости шара практически не изменяется, а направление скорости изменяется на противоположное. Сразу же после отскока от стола тяжелый шар сталкивается с налетающим на него легким шаром. Скорости их в системе отсчета, связанной со столом, примерно равны по модулю, но это столкновение удобнее рассматривать в системе отсчета, связанной с тяжелым шаром: тогда, если масса тяжелого шарика намного больше массы легкого, скорость легкого шара изменится только по направлению (на противоположное), а модуль скорости практически не изменится. Переходя снова в систему отсчета, связанную со столом, мы получим, что после столкновения с тяжелым шаром скорость летящего вверх легкого шара будет в 3 раза больше, чем его скорость перед ударом. Так как высота подъема брошенного вверх тела пропорциональна *квадрату* начальной скорости, то ясно, что после столкновения с тяжелым шариком легкий шарик должен подняться на высоту, которая в **9 (!)** раз превышает начальную! Опыт, с учетом того, что соударение шариков не абсолютно упругое и сопротивление воздуха при полете легкого шарика не пренебрежимо мало, подтверждает этот расчет.

При использовании описанной методики создания проблемных ситуаций учителю необходимо *все время* давать возможность ученикам высказать *свои* гипотезы по поводу решаемых задач или поставленных опытов. Выдающийся педагог, один из создателей эвристики, Д. Пойа пишет: «Позвольте мне порекомендовать вам одну небольшую хитрость. Прежде чем учащиеся приступят к работе, предложите им *угадать результат* или даже только какую-то его часть». Ничто так не способствует росту интереса, как подтверждение *собственной* догадки!

В свете сказанного предыдущую задачу можно поставить по-другому. Сначала предложить учащимся высказать гипотезу о высоте подъема легкого шарика, а затем поставить опыт, который покажет, кто из учащихся окажется прав.

Приведенные выше задания доступны для школьников самой разной подготовки, способны вовлечь их в продуктивную познавательную деятельность не только на уроках, но и во внеклассной деятельности, в системе дополнительного образования.

III. Новым и особым направлением развития творчества школьников при обучении физике является *организация познавательной деятельности так называемых «одаренных» школьников.*

Основы теории организации образовательной деятельности с «одаренными» школьниками. Творческая одаренность человека – результат не только на-

следственности, но и необходимых социальных условий, в том числе и образовательных. Общество должно создавать все необходимые условия для свободного развития личности. Как отмечал Карл Юнг: «Своеобразная или способная на своеобразие личность имеет величайшее значение для общего блага народа. Поголовное усреднение народа как целого путем подавления естественной аристократической или иерархической структуры неизбежно приводит к катастрофе. Ведь если что-то выдающееся сnivelировано, то утрачиваются ориентиры и страстное желание быть ведомыми становится непреодолимым».

Раннее выявление, обучение и воспитание одаренных и талантливых детей составляет важнейшую задачу развития системы физического образования. В целом образование талантливых детей решает насущную задачу формирования творческого потенциала страны, обеспечивает возможности интенсивного социального и научно-технического прогресса, дальнейшего развития науки и культуры, всех областей производства и социальной жизни. Это развитие существенным образом зависит от притока талантливых исследователей, зачастую именно данный факт является определяющим.

Важные черты творческой деятельности. Разные ученые по-разному определяют творчество. *Творчество – преобразующая деятельность, в результате которой создается новое и одновременно ценное.* Ключевое слово – **новизна**. В школьных условиях преобладающим образом речь может идти лишь о субъективной новизне.

Творчество, являясь высшим проявлением феномена «Человек», менее всего изучено. Прежде всего, это связано с тем, что спонтанный характер творчества делает его неуловимым для естественнонаучных методов. Причем эта спонтанность связана не только с невозможностью прогнозировать моменты озарения и решения исходной проблемы, но также с неопределенностью самого предмета, так как рожденная идея может не быть напрямую связана с решаемой проблемой.

Выявлению творческой одаренности мало помогают тесты типа IQ, определяющие интеллектуальный уровень ребенка. Дело в том, что одаренность далеко не всегда связана с интеллектом. Как указывает Е. П. Торранс, если бы мы определяли одаренных детей на основе тестов IQ, то мы бы отсеяли 70% наиболее творческих из них. Другими словами интеллектуальную одаренность определить много легче, чем творческую.

Разработанный специалистами метод исследования креативности, названный методом «креативного поля», основан на том, что процесс познания имеет внешний стимул только на первой стадии решения задачи, при проведении экспериментального исследования. Если ученик воспринимает решение задачи как цель, то процесс познания обрывается вместе с решением задачи. Если ученик рассматривает решение задачи как средство для осуществления внешних по отношению к решению данной задачи целей, то наблюдается феномен самодвижения деятельности, который приводит к выходу за пределы заданного, что и позволяет увидеть «непредвиденное».

Итак, творческие способности – способность к осуществлению ситуативно нестимулированной деятельности, т. е. способность к познавательной самодеятельности. На основе такого понимания феноменологии творчества можно выделить четыре типа креативности (рис. 5.16):

– **наивная креативность**, проявляющаяся в дошкольном и младшем школьном возрасте. В этом возрасте у школьников нет стереотипов, которые надо преодолевать.

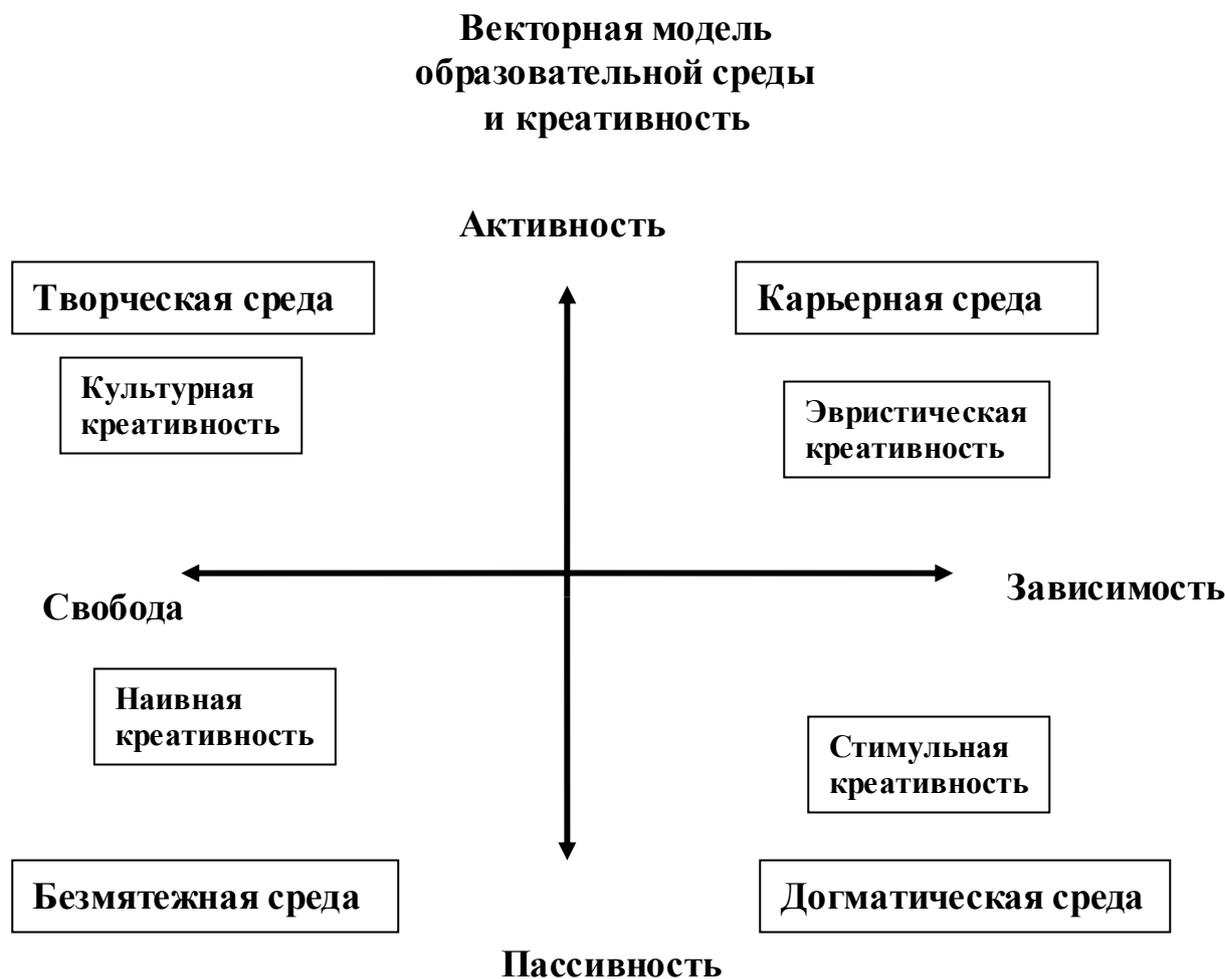
– **стимульно-продуктивная** – деятельность школьников определяется действием внешнего стимула;

– **эвристическая креативность** – деятельность имеет творческий характер, осуществляется поиск новых оригинальных способов решения задачи;

– культурная, или истинная, креативность – самостоятельно найденная закономерность выступает в качестве новой проблемы.

Ниже представлена векторная модель образовательной среды (В. Ясвин), в которой представлены указанные выше виды креативности.

Рис. 5.16



Для иллюстрации задания, направленного на то, чтобы выявить школьников, умеющих думать «около», рассмотрим пример из практики проведения физических олимпиад.

Ученикам предлагалось исследовать колебания груза на пружине и установить на опыте зависимость периода колебаний груза от массы. Искомую зависимость смогли установить 100 школьников из двухсот. Многие школьники заметили, что при упругих колебаниях груза возникали маятниковые колебания, которые «мешали» проводить заданные исследования, и ученики останавливали (рукой) эти колебания. И лишь 6 школьников из 200 обратили на них внимание, исследовали условия их возникновения, период перекачки энергии из одного вида колебания в другой, соотношение периодов, при котором это явление наиболее заметно.

Другими словами, 100 школьников открыли новый для себя закон ($T \propto m$) – деятельность, требуемая во внешнем слое задания. И лишь 6 учеников открыли еще один новый для себя вид колебаний: параметрические колебания и установили его закономерности в процессе деятельности, подразумеваемой вторым слоем задания. Таким образом, 100 учеников показали высокий интеллектуальный уровень, решив поставленную перед ними задачу и получили полный балл. А 6 учеников показали кроме этого высокую креативность и получили добавочные баллы и специальные призы.

Интересно отметить, что 3 ученика из 6, заметив новое явление, исследовали его, но забыли о решении основной задачи – она стала им неинтересна. Этот факт подтверждает

особенность мышления одаренных детей – склонность к изменению задачи, усложнению ее. Эти ученики получили приз за обнаружение новой зависимости, но общее число баллов было мало.

Нормативный подход к освоению творческой деятельности. В обучении всегда было стремление нормировать продуктивную деятельность (см. интересную работу И. П. Калошиной). И сейчас есть доступные решения как средствами содержания, так и средствами организации процесса: методологические ориентировки деятельности; классификация творческих задач; логика метода научного познания; опыт деятельности учителя и др. Впереди уже можно прогнозировать распространение самых разных программ деятельности. Приведем примеры.

В основе **развивающих программ** лежит, прежде всего, **принцип дифференциации по темпу обучения**. Ускоренное прохождение учебных программ рассматривается как важнейший фактор развития способностей, так как позволяет оптимально использовать умственные способности ученика, обеспечив ему тем самым возможность безостановочного движения к усвоению все более сложных понятий. На основе дифференциации по темпу обучения составляется ускоренная программа обучения.

Другой **принцип** интенсификации учебного процесса основан на **дифференциации по широте и глубине изучаемого материала**. Это так называемая обогащенная программа обучения. Однако лишь повышение уровня сложности и увеличение количества материала не способствует созданию оптимальных условий развития одаренности. Нужно иное качественно новое содержание образования, специальные программы альтернативными подтемами (дифференциация на основе выбора содержания образования), индивидуальные программы, предусматривающие работу учащихся по индивидуальным соглашениям, программы обучения одаренных детей творчеству.

Существуют две альтернативные **позиции отношения к проблеме обучения одаренных детей**. Согласно одной из них, исходящей из того, что одаренных детей не больше 3%, нужны хорошие методики диагностики и выявления таких детей и специальные классы или школы, в которых они могли бы успешно развивать свои способности. Согласно другой точке зрения, стратегия работы с одаренными детьми должна быть основана **на подъеме интеллектуального и творческого потенциала всего контингента школьников** (И. Я. Лернер). Число детей, обладающих творческим началом и потенциалом к развитию своих способностей, существенно больше 3%. Поэтому нужно не столько измерять одаренность, сколько создавать соответствующую творческую развивающую образовательную среду. Такой подход больше подходит обучению одаренных детей в условиях общеобразовательной школы и в учреждениях дополнительного образования.

Выделим общее при организации «субъект-субъектных» отношений учителя и учеников: следует начинать урок с постановки цели урока, но не цели обучающей деятельности учителя, а цели познавательной деятельности ученика! Только в этом случае цель воспринимается как проблема, которая, будучи реально субъективной, для ученика выступает как объективная. На основании поставленной цели совместно прорабатывается, конструируется алгоритм **коллективных** действий, затем происходит индивидуальная познавательная дея-

тельность каждого ученика для достижения поставленной цели, в итоге – проводится рефлексия, оценивание собственных действий и приобретенных знаний.

Сформулируем **условия стимуляции саморазвития** (познавательной потребности) как основы развития творческих способностей (см. подробнее: Лебедева В. П., Орлов В. А., Панов В. И. Психодидактические аспекты развивающего образования // Педагогика. 1996. № 6. С.27–30):

- создание соответствующего психологического климата на уроках (и в семье): доброжелательного отношения к ученикам, радостного отношения к познанию, положительных эмоций;

- создание у ребенка высокой самооценки, «вкуса успеха», уверенности в своих силах;

- соблюдение принципа «права на ошибку»;

- диалогическая форма проведения занятий – важное условие реализации «субъект-субъектных» отношений между учителем и учениками;

- учет результатов индивидуальной творческой деятельности (у каждого ученика свой «портфель» достижений). Ученики ведут дневник собственных творческих достижений;

- переход к учету динамики успехов каждого школьника, т.е. сравнение новых успехов ученика с прошлыми успехами того же ученика, а не сравнение друг с другом;

- оптимальное сочетание фронтальных, групповых, индивидуальных форм работы, как на уроках, так и при проведении различных форм внеурочной работы;

- познание явлений и законов природы и общества на уровне сущностей. Переход к количественным закономерностям возможен лишь после их усвоения на качественном уровне;

- формирование обобщенных понятий, а не обучение набору разрозненных фактов;

- выделение сквозных идей и принципов (*симметрии и асимметрии, относительности, сохранения, направленности природных процессов, соответствия, дополненности*);

- использование обобщающих таблиц, позволяющих структурировать большие разделы изученного материала, выделять основные его идеи (см., например, [160–161]);

- формирование у школьников целостного видения мира и понимание места и роли человека в этом мире, превращение всей получаемой учащимися в процессе обучения информации в личностно значимую для каждого ученика;

- создание системы проблемно-познавательных задач поискового характера. Важный тип таких задач – парадоксы. Парадоксы и их разрешение сыграли большую роль как в науке, так и в педагогической практике. При возникновении противоречия возможны два пути его разрешения: компромисс, примирение противоположных требований или создание качественно новой идеи и др. (см., например: [106, 117]).

Некоторые вопросы организация процесса деятельности. Для работы с одаренными детьми нужна особая система учебно-методического обеспечения, построенная по специальной программе «одаренный ученик», которая хотя и

основана, как на фундаменте, на углубленном изучении предметов, но отличается по основным целям, содержанию, методам обучения, контингенту учащихся, а также по системе отбора школьников. Основной целью углубленного изучения является систематическое образование учеников, а программа «одаренный ученик» направлена, прежде всего, на развитие творческих способностей школьников. Углубленное изучение предметов реализуется, в основном, в процессе учебной урочной деятельности, работа с одаренными учениками характеризуется, главным образом, внеурочными формами.

Контингент одаренных детей охватывает не всех учащихся классов с углубленным изучением предметов и не только этих учащихся. Для зачисления в класс с углубленным изучением предмета проводятся собеседования или вступительные экзамены. Зачисление на факультатив или кружок проводится только по желанию школьника. Ученик в любое время может прекратить посещение занятий, если почувствует дискомфортность при выполнении трудных творческих заданий, предлагаемых учителем.

В связи с отмеченными различиями программ «одаренный ученик» и «углубленное изучение предмета» необходимо создание разных учебно-методических комплектов (УМК) для этих программ. Специфические задачи, стоящие перед программой «Углубленное изучение предметов естественнонаучного цикла»: создание целостных представлений о науке, формирование научной картины мира, усвоение парадигм современного стиля мышления, ориентация на требования ведущих вузов, развитие способностей. Для решения этих задач предъявляются особые требования к УМК: научная строгость и доказательность, проблемное изложение материала, усиление дидактического подхода, раскрытие методических проблем науки, наличие творческих заданий.

Для стратегических успехов необходимо создание системы специальной учебной и методической литературы для работы с одаренными детьми (см. полнее: Горский В. А., Орлов В. А. Одаренные дети // Приложение к журналу «Внешкольник». М., 1997. 34 с.).

Сюда относим учебные программы для индивидуального обучения талантливых школьников и для кружков и факультативных занятий, задания для заочных школ, банки оригинальных задач для проведения олимпиад и других интеллектуальных соревнований, программы повышения квалификации учителей, учебные пособия для факультативных занятий и занимательные книги для работы кружков, материалы для проведения учащимися творческих исследований и выполнения конструкторских заданий.

Особо следует отметить, что при работе с одаренными школьниками центр тяжести должен быть перенесен с обучения на учение, индивидуальные занятия самих учащихся с научной и учебной литературой, на самостоятельное решение задач и выполнение экспериментальных исследований. Роль учителя в этом случае сводится к стимулированию познавательного интереса, консультациям, рекомендации соответствующей литературы, организации обмена мнениями.

Итак, разработка методов работы с одаренными школьниками, форм внеурочной работы с ними, тесных связей обязательного и дополнительного образования, создание учебно-методического комплекта для работы с одаренными

школьниками, подготовка кадров учителей, способных вести работу с одаренными школьниками, – вот основные задачи, без решения которых нельзя решить фундаментальную проблему работы с одаренными школьниками.

* *
*

Задача в структуре учебной деятельности и как форма организации процесса деятельности школьников на уроке занимает в обучении важное место. И некое переформатирование работы с ней под углом зрения методологии познания в состоянии дать существенный педагогический эффект.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наука всегда должна работать в запас, впрок,
и только при этом... она будет находиться
в естественных для неё условиях.*

С. И. Вавилов

В таком школьном учебном предмете, как физика, который естественно испытывает давление со стороны все возрастающей лавины школьных учебных знаний, остается важнейшая привилегия задавать **великий метод естественнонаучного познания**. Пока в жизни границы применимости его не обозначены, ресурс его не исчерпан. Именно в физике в наиболее чистом виде этот метод может быть представлен и усвоен, что не умаляет места и значения других естественных предметов – химии, биологии, экологии... Отсюда в полной мере следует осознать, что и сама методика обучения физике должна изменяться, отвечая на вызовы времени, формируя и сохраняя свой метод как достижение культуры. Метод дает «видение» реальности, дает устойчивость нормы, без чего не может быть методики. Действительность, эмпирическая данность всегда неопределенна, изменчива, аморфна. Систему ей придают метод, логика, норма. Именно эту роль, например, играл и играет принцип цикличности в методике обучения физике. Причем в силу своих особенностей предназначения, формы выражения он играл эту роль лучше других принципов. И остался. Очевидно, опыт этой «жизни» надо учесть при рассмотрении других принципов.

Практическая деятельность выше науки. Она задает задачи для науки. В этом отношении ориентир такой прикладной науки, как дидактика физики, на практику образования является источником развития самой науки. Это не значит, конечно, что в рамках самой науки не нужны науковедческие, методологические, теоретические исследования. История давно доказала их эффективность.

Сама наука и учебная дисциплина должны приобрести большую определенность, новую структуру, что позволит планомерно осваивать её составляющие области. Возможны и конкурентные решения, причем они должны существовать и реализовываться одновременно. Прежде всего, это относится к прикладным системам знаний. При всем их консерватизме надо смелее строить современные системы знаний под конкретные задачи той или иной специальности, того или иного направления. В целом процесс развития знаний (в науке, учебных знаний) обязательно включает логико-эпистемологический, социально-психологический, дидактико-управленческий планы рассмотрения, т. е. на языке требований (описаний) получается сложная, иерархическая система. Выработка методических знаний (собственно наука), их трансляция (в главном это учебный предмет «методика»), потребление методических знаний, т. е. практика методической деятельности, должны быть объединены в систему. Нормы не будут нормами, если они не транслируются и(или) не потребляются. А на практике часто так, особенно по разным причинам с научными изысканиями.

Не менее сложно обстоит дело с собственно наукой «методикой обучения физике». Какие же наиболее острые **проблемы** придется решать в ближайшее время?

1. В методике обучения физике, по-видимому, **необходимо вернуться к осмыслению фундаментальных основ**. На новом этапе развития общества, на этапе формирования новой практики во многих сферах жизни, в том числе и познавательной деятельности, нуждаются в уточнении старые вопросы: Какую деятельность осваивать? Как это делать?

2. Хотя исследований (работ) по вопросам методологии стало больше, хотя в структуре диссертаций требования по организации методологического аппарата только усиливаются, **проблем методологического характера не уменьшилось**. Главная проблема – неразработанность норм по методам, методикам и процедурам методического исследования. До сих пор нет согласованного свода методик, в явном виде не предъявлены процедуры интерпретации, нет образцов деятельности, нет цифровых ориентиров в усвоении основных знаний

* Цит. по: Воронцов Вл. Симфония разума. – М.: Худож. лит., 1980. С. 362.

и др. Единение методического сообщества на основе норм исследовательской деятельности остается проблемой, которая не ставится и не решается.

3. Для организации продуктивной интеллектуальной деятельности в области дидактики физики необходимо осваивать инструменты методологической деятельности. Опираясь на названные работы Г. П. Щедровицкого, выделим ряд важных **методологических принципов**, чтобы обозначить вектор будущего теоретического поиска. Они предназначены для саморазвития научного аппарата методики обучения физике, поэтому нуждаются в дальнейшей конкретизации.

- Фундаментальное допущение, что мир существует реально, является методологическим принципом. Первичная реальность мира – предметы; объекты, вторая реальность (подлинная) вторична. Мир мышления и деятельности – первичный мир.

- Принцип онтологизации как отождествление неких представлений об объекте с самим объектом; «Объект знания всегда создается и формируется самим знанием» [201, с. 118]. Творение предмета и объекта происходит через создание все более сложных организационной деятельности.

- «Знание и реальность принципиально различны...» [197, с. 533]. Отсюда запрет на перекладывание чего-то из знаний на реальность.

- Многие ведущие российские методологи опираются в изучении познания на материалистическую парадигму (В. С. Степин, Г. П. Щедровицкий и др.). Они признают, что деятельность определяет все «образованности» познаваемого мира. Вот высказывания на этот счет: «Объективное существование есть результат объективирующей интерпретации знаковых форм особого рода» [201, с. 724]; «Знания не должны соответствовать реальности, модели не должны соответствовать натуре» [197, с. 532]; «Знания не дают представления реальности, не в этом их предназначение и функции... И другой принцип – что мир, представляющий реальность, надо строить отдельно, в специальной машине...» [197, с. 528–529].

- Существует ортогональная организация пространства мышления и деятельности. Разделение социального мира и мира культуры как важный принцип [197, с. 584].

Итак, развитие методологии настраивает на поиск, на построение идеальных схем дидактики физики. Только на этой основе могут быть прорывы в теоретических работах, а затем и в новых прикладных разработках.

4. **Творчество методистов** сейчас сильно ограничено как со стороны практики, так и со стороны возможностей производства интеллектуального продукта. Практика плохо требует (заказывает, внедряет) новые методические решения, этот механизм на новом этапе, на этапе функционирования новых правил в экономике, идеологии, не создан, более того, в видоизмененном варианте воспроизводятся старые образцы. Так, школы заваливаются концепциями под копирку. Элементы вкуса, выдавливания «чужих» решений, создание замкнутых педагогических практик... – создают барьеры трансляции идей, современных решений и т. п. При обилии публикаций мало хороших работ.

В научных, учебных организациях производство научного продукта падает в условиях разделения специалистов, ограниченного обмена информацией, отсутствия защиты интеллектуальной собственности, почти полного отсутствия действующих механизмов в определении авторства, приоритета (и др.), снижается интенсивность и глубина познавательной деятельности ученых-методистов. В последние десять лет уровень компиляции, заимствования без ссылок явно вырос, причем освоение, переработка интеллектуального продукта в нужной степени не выросли. Явно суживается прикладное и интеллектуальное значение кандидатских диссертаций по методике физики, модные кампании дела не спасают. Налицо дефицит идей, подходов, а главное – программ деятельности с социальным эффектом. Не создан и более или менее действенный механизм координации исследований. О кооперации и исследований вопрос даже не ставится. Стихийные процессы в этом отношении существенных (социальных по масштабам!) проблем решить не могут.

5. **На физику в системе школьных учебных предметов в последние двадцать лет оказывалось давление**, обусловленное, с одной стороны, изменением удельного веса востребованности физических систем знаний, их относительной деградацией, потерей привлекательности и др. Немаловажным является и то, что к концу XX века многие науки (в том

числе и гуманитарные, такие, как экономика, политология, лингвистика, психология и др.) продвинулись в развитии, стали в жизни более продуктивными и потеснили другие науки и их практики. В обучении это нашло отражение в гуманитаризации образования. Правда, и скажений на этот счет хватало и хватает. С другой стороны, в современном мире материальные основы жизнедеятельности сохранили свое значение. Научно-технический прогресс, опирающийся на фундаментальные естественные науки, определяет фундамент цивилизации. Но этот прогресс приобрел новые черты, практическая деятельность существенно усложнилась, что требует изменений целей и содержания практики обучения такого фундаментального учебного предмета, как физика.

Итак, обозначение и осознание поставленных в монографии научно-методических проблем, приведенные тенденции в построении современного методического решения (продукта) позволяют увидеть и сформулировать стратегические установки для развития физического образования нашей страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Атепалихин М. С., Сауров Ю. А. Вопросы методологии физических измерений при обучении физике: Монография. – Киров: Изд-во Кировского ИПК и ПРО, 2005. – 106 с.
2. Ахутин А. В. История принципов физического эксперимента. – М.: Наука, 1976. – 292 с.
3. Библер В. С. Мышление как творчество: Введение в логику мысленного диалога. – М.: Политиздат, 1975. – 399 с.
4. Бубликов С. В. Методологические основы вариативного построения содержания обучения физике в средней школе: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – СПб., 2000. – 41 с.
5. Бубликов С. В., Кондратьев А. С. Методологические основы решения задач по физике в средней школе // Учебная физика. – 1998. – № 5. – С. 46–77.
6. Бубликов С. В., Кондратьев А. С. Методологические основы решения задач по физике в средней школе // Учебная физика. – 1998. – № 6. – С. 39–69.
7. Бубликов С. В. Структура и уровни методологии физики как объективная основа индивидуализации обучения физике // Наука и школа. – 1999. – № 5. – С. 28–33.
8. Важеевская Н. Е., Шаронова Н. В. Задания по физике с методологическим содержанием // Физика: Приложение к газете «Первое сентября». – 1994. – № 15. – С. 3; № 17–19. – С. 8; № 19–20. – С. 8.
9. Важеевская Н. Е. Гносеологические основы науки в школьном физическом образовании: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – М., 2002. – 40 с.
10. Величковский Б. М. Когнитивная наука: Основы психологии познания: в 2 т. – М.: Смысл: Издательский центр «Академия», 2006. – Т. 1. – 448 с.; – Т. 2. – 432 с.
11. Выготский Л. С. Психология. – М.: Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2000. – 1008 с.
12. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. – М.: Наука, 1989. – 400 с.
13. Голдстейн М., Голдстейн И. Как мы познаем. Исследование процесса научного познания. – М.: Знание, 1984. – 256 с.
14. Голин Г. М. Образовательные и воспитательные функции методологии научного познания в школьном курсе физики: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – М., 1986. – 31 с.
15. Голин Г. М. Вопросы методологии физики в курсе средней школы. – М.: Просвещение, 1987. – 127 с.
16. Гребенев И. В. Дидактика физики как основа конструирования учебного процесса. – Н. Новгород: Изд-во Нижегородского ун-та им. Н. И. Лобачевского, 2005. – 247 с.
17. Гребенев И. В. Дидактика предмета как контекстно зависимая теория обучения // Педагогика. – 2008. – № 2. – С. 27–32.
18. Губин В. Б. О физике, математике и методологии. – М.: ПАИМС, 2003. – 321 с.
19. Губин В. Б. О методологии лженауки. – М.: ПАИМС, 2004. – 172 с.
20. Губин В. Б. О науке и о лженауке. – М.: Изд-во РУДН, 2005. – 96 с.
21. Гусинский Э. Н. Построение теории образования на основе междисциплинарного системного подхода. – М.: Школа, 1994. – 184 с.
22. Давыдов В. В. Нерешенные проблемы теории деятельности // Психологический журнал. – 1992. – Т. 2. – № 2. – С. 3–13.
23. Давыдов В. В. Теория развивающего обучения. – М.: ИНТОР, 1996. – 544 с.
24. Десненко С. И., Десненко М. А. Моделирование в физике: Элективный методологический курс // Физика: Методическая газета. – 2005. – № 2. – С. 5–10.
25. Зверева Н. М. Активизация мышления учащихся на уроках физики. – М.: Просвещение, 1980. – 112 с.
26. Зверева Н. М., Касьян А. А. Методологическое знание в содержании образования // Педагогика. – 1993. – № 1. – С. 9–12.
27. Зиновьев А. А. Фактор понимания. – М.: Алгоритм, 2006. – 528 с.
28. Зинченко В. П. Посох Мандельштама и трубка Мамардашвили: К началам органической психологии. – М.: Новая школа, 1997. – 336 с.
29. Зинченко В. П., Моргунов Е. Б. Человек развивающийся: Очерки российской психологии. – М.: Триволта, 1994. – 304 с.

30. Зорина Л. Я. Дидактические основы формирования системности знаний старшеклассников. – М.: Педагогика, 1978. – 128 с.
31. Ильенков Э. В. Об идолах и идеалах. – М.: Политиздат, 1968. – 319 с.
32. Ильенков Э. В. Диалектическая логика. – М.: Политиздат, 1984. – 320 с.
33. Ильясов И. И. Структура процесса учения. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 200 с.
34. Каган М. С. Человеческая деятельность: Опыт системного анализа. – М.: Политиздат, 1974. – 328 с.
35. Калмыкова З. И. Продуктивное мышление как основа обучаемости. – М.: Просвещение, 1981. – 200 с.
36. Калошина И. П. Структура и механизмы творческой деятельности. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 168 с.
37. Каменецкий С. Е., Солодухин Н. А. Модели и аналогии в курсе физики средней школы. – М.: Просвещение, 1982. – 96 с.
38. Капица П. Л. Эксперимент. Теория. Практика. – М.: Наука, 1974. – 287 с.
39. Карасова И. С. Проблемы взаимосвязи содержательной и процессуальной сторон обучения при изучении фундаментальных физических теорий в школе: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – Челябинск, 1997. – 37 с.
40. Коварский Ю. А. Роль мысленных моделей и методика их использования в процессе обучения физике: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – М., 1978. – 18 с.
41. 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.
42. Коханов К. А. Модели в физическом эксперименте // Физика в школе. – 2004. – № 4. – С. 36–44.
43. Кочергина Н. В. Система методологических знаний в школьном курсе физики: Учебное пособие. – М.: Прометей, 2002. – 208 с.
44. Краевский В. В. Проблемы научного обоснования обучения: Методологический анализ. – М.: Педагогика, 1977. – 264 с.
45. Краевский В. В. Соотношение педагогической науки и педагогической практики. – М.: Знание, 1977. – 64 с.
46. Краевский В. В. Методология педагогики. – Чебоксары: Изд-во Чуваш ун-та, 2001. – 244 с.
47. Крестников С. А. Методология истории методики обучения физике. Научные школы методистов–физиков. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2006. – 225 с.
48. Кудрявцев В. В., Орлов В. А., Михайлишина Г. Ф. Модель методической системы изучения элективных курсов по современной физике в профильной школе // Физика в школе. – 2011. – № 6. – С. 40-45.
49. Кун Т. Структура научных революций. – М.: ООО «Изд-во АСТ», 2002. – 608 с.
50. Лекторский В. А. Эпистемология классическая и неклассическая. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 256 с.
51. Леонтьев А. А. Деятельный ум. – М.: Смысл, 2001. – 392 с.
52. Леонтьев А. Н. Избранные психологические произведения. – М.: Педагогика, 1983. – Т. I. – 393 с.; Т. II. – 320 с.
53. Леонтьев А. Н. Философия психологии. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 228 с.
54. Леонтьев А. Н. и современная психология. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 288 с.
55. Лернер И. Я. Процесс обучения и его закономерности. – М.: Знание, 1980. – 96 с.
56. Линник М. И. Формирование системы учебных умений на основе методологических знаний по физике: дис. ... канд. пед. наук. – М., 1985. – 189 с.
57. Лихтштейн И. Е. Теория и практика формирования ценностного отношения школьников к физическим знаниям: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – СПб., 2000. – 40 с.
58. Майер В. В. Простые опыты с ультразвуком. – М.: Наука, 1978. – 160 с.
59. Майер В. В. Простые опыты по криволинейному распространению света. – М.: Наука, 1984. – 128 с.
60. Майер В. В. Простые опыты со струями и звуком. – М.: Наука, 1985. – 128 с.

61. Майер В. В. Полное отражение света в простых опытах. – М.: Наука, 1986. – 128 с.
62. Майер В. В. Кумулятивный эффект в простых опытах. – М.: Наука, 1989. – 192 с.
63. 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.
64. Майер В. В. Учебная физика как дидактическая модель физики // Проблемы учебного физического эксперимента: Сб. науч. тр. Вып. 7. – Глазов, 1998. – С. 13–16.
65. 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.
66. Майер В. В. Свет в оптически неоднородной среде: учебные исследования – М.: Физматлит, 2007. – 232 с.
67. Майер В. В. Полное внутреннее отражение света: учебные исследования. – М.: Физматлит, 2007. – 160 с.
68. Майер В. В. Лифт Эйнштейна в лекционной демонстрации // Учебная физика. – 2009. – № 4. – С. 17–21.
69. Майер В. В. Полвека творческим задачам по физике // Учебная физика. – 2010. – № 1. – С. 50–64.
70. Майер В. В. Против формализма в преподавании физики // Физика в школе. – 2011. – № 7. – С. 51–60.
71. Майер В. В., Вараксина Е. И. Воздушные шары в школе и дома // Потенциал. – 2009. – № 9. – С. 73–80.
72. Майер В. В., Вараксина Е. И. Униполярные электродвигатели Фарадея и Барлоу // Потенциал. – 2010. – № 3. – С. 62–68.
73. Майер В. В., Вараксина Е. И. Современные модели униполярных электродвигателей // Потенциал. – 2010. – № 4. – С. 73–78.
74. Майер В. В., Вараксина Е. И. Униполярный электромотор и фундаментальные законы физики // Потенциал. – 2010. – № 5. – С. 67–73.
75. Майер В. В., Вараксина Е. И. Относительность электрического и магнитного полей // Потенциал. – 2010. – № 9. – С. 72–80.
76. Майер В. В., Вараксина Е. И. Звук и ультразвук в учебных исследованиях. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. – 336 с.
77. Майер В. В., Майер Р. В. Электричество: учебные исследования. – М.: Физматлит, 2007. – 232 с.
78. Майер Р. В. Исследование процесса формирования эмпирических знаний по физике. – Глазов: ГГПИ, 1998. – 132 с.
79. Малафеев Р. И. Система творческих лабораторных работ по физике в средней школе: Учеб. пособие. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 1999. – 102 с.
80. Малафеев Р. И. Проблемное обучение физике в средней школе. Из опыта работы. – М.: Просвещение, 1980. – 127 с.
81. 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.
82. Малинин А. Н. Методы физического познания (философский и дидактический аспекты). – Тамбов: Изд-во ТГУ им. Г. Р. Державина, 1999. – 170 с.
83. Малинин А. Н. Методология научного познания в постановке и решении учебных физических задач // Физика в школе. – 2000. – № 5. – С. 61–66.
84. Малинин А. Н. Эмпирическая закономерность и теоретический закон // Физика в школе. – 2000. – № 8. – С. 60–66.
85. Мамардашвили М. К. Стрела познания (набросок естественнонаучной гносеологии). – М.: Школа «Языки русской культуры», 1997. – 304 с.
86. Мамардашвили М. Эстетика мышления. – М.: Московская школа политических исследований, 2000. – 416 с.

87. Махмутов М. И. Организация проблемного обучения в школе. – М.: Просвещение, 1977. – 240 с.
88. Махмутов М. И. Современный урок: Вопросы теории. – М.: Педагогика, 1981. – 191 с.
89. Методика обучения физике в школах СССР и ГДР / под ред. В. Г. Зубова, В. Г. Разумовского, М. Вюншмана, К. Либерса. – М.: Просвещение, 1978. – 233 с.
90. Мигдал А. Б. Как рождаются физические теории. – М.: Педагогика, 1984. – 128 с.
91. Моисеев Н. Н. Расставание с простотой. – М.: «Аграф», 1998. – 480 с.
92. Мощанский В. Н. Формирование мировоззрения учащихся при изучении физики. – М.: Просвещение, 1989. – 192 с.
93. Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. – М.: Просвещение, 1977. – 168 с.
94. Мултановский В. В. Проблема теоретических обобщений в курсе физики средней школы: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – М., 1979. – 44 с.
95. Мултановский В. В., Сауров Ю. А. Рассмотрение в школьном курсе роли физических взаимодействий при измерении // Физика в школе. – 1980. – № 1. – С. 30–33.
96. Мякишев Г. Я. Динамические и статистические закономерности в физике. – М.: Наука, 1973. – 272 с.
97. Мякишев Г. Я. Фундаментальные физические теории и соотношение между динамическими и статистическими закономерностями в физике // Физика в школе. 1989. – № 7. – С. 109–118.
98. Научные основы развития образования в XXI веке: 105 выступлений членов Российской академии образования в СПбГУП / сост., ред. А. С. Запесоцкий, О. Е. Лебедев. – СПб.: СПбГУП, 2011. – 672 с.
99. Никитин А. А. Теоретические основы обучения учащихся методам научного познания при изучении физики в школе: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – СПб., 2001. – 42 с.
100. Новиков А. М. Методология образования. – М.: Эгвест, 2002. – 320 с.
101. Нурминский И. И., Гладышева Н. К. Статистические закономерности формирования знаний и умений учащихся. – М.: Педагогика, 1991. – 224 с.
102. Одинцова Н. И. Обучение учащихся средних общеобразовательных учреждений теоретическим методам получения физических знаний: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – М., 2002. – 32 с.
103. Орлов В. А. Элективные курсы и их роль в организации профильного и предпрофильного обучения // Физика в школе. – 2003. – №7. – С.17–19.
104. Орлов В.А., Павлуцкая Н. М. Продуктивная познавательная деятельность учащихся при решении физических задач // Физика в школе. – 2008. – №5. – С.19-23.
105. Орлов В. А., Сауров Ю. А. Программа элективного курса «Методы решения физических задач» // Сборник программ элективных курсов: Физика. – М.: Дрофа, 2005. – С. 115–124.
106. Орлов В. А., Сауров Ю. А. Методы решения физических задач. Элективный курс. Идеи и решения // Физика: Методическая газета. – 2006. – № 5. – С. 31–36.
107. Орлов В. А., Сауров Ю. А. Практика решения физических задач: 10-11 классы : учебное пособие для общеобразовательных учреждений. – М.: Вентана-Граф, 2010. – 272 с. (переиздание в 2011 г.).
108. Орлов В. А., Сауров Ю. А. Проблема использования современной методологии познания для развития физического образования // Физика в школе. – 2011. – № 7. – С. 23–31.
109. Пинский Ан. А. Формирование представлений о границах применимости физических теорий в средней школе: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – М., 1982. – 19 с.
110. Пинский А. А. Методика как наука // Сов. педагогика. – 1978. – №12. – С. 115–120.
111. Поппер К. Логика и рост научного знания. – М.: Прогресс, 1993. – 605 с.
112. Поппер К. Предположения и опровержения. – М.: Изд-во АСТ, 2004. – 638 с.

113. Протасова М. А. Взаимосвязь эмпирического и теоретического методов исследования природы в процессе изучения электродинамики курса физики основной школы : автореф. дис... канд. пед. наук. – М., 2004. – 20 с.
114. Пуанкаре А. О науке. – М.: Наука, 1983. – 560 с.
115. Пузанова Ю. В. Формирование представлений о границах применимости физических и законов и теорий как средство развития критичности мышления учащихся: автореф. дис. ... канд. пед. н. – Спб., 2001. – 18 с.
116. Пустильник И. Г. Теоретические основы формирования научных понятий у учащихся: Монография / Урал. гос. пед. ун-т. – Екатеринбург, 1997. – 103 с.
117. Разумовский В. Г. Творческие задачи по физике в средней школе. – М.: Просвещение, 1966. – 155 с.
118. Разумовский В. Г. Проблема развития творческих способностей учащихся в процессе обучения физике: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – М., 1972. – 62 с.
119. Разумовский В. Г. Физика в средней школе США. Основные направления в изменении содержания и методов обучения. – М.: Педагогика, 1973. – 160 с.
120. Разумовский В. Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике. – М.: Просвещение, 1975. – 272 с.
121. Разумовский В. Г. Методология совершенствования преподавания физики // Физика в школе. – 1983. – № 3. – С. 10–17.
122. Разумовский В. Г. Методология и методы педагогики // Советская педагогика. – 1989. – № 11. – С. 40–46.
123. Разумовский В. Г. Отечественная школа: взгляд со стороны // Педагогика. – 1992. – № 9. – С. 3–7.
124. Разумовский В. Г. Государственный стандарт образования супердержавы мира к 2000 году // Педагогика. – 1993. – № 3. – С. 92–100.
125. Разумовский В. Г. Обучение школьников и развитие их способностей // Физика в школе. – 1994. – № 2. – С. 52–56.
126. Разумовский В. Г. Обучение и научное познание // Педагогика. – 1997. – № 1. – С. 7–13.
127. Разумовский В. Г. Преподавание физики в условиях гуманизации образования // Педагогика. – 1998. – № 6. – С. 102–111.
128. Разумовский В. Г. Подготовка современного школьника по физике: проблема повышения качества обучения // Физика в школе. – 2000. – № 3. – С. 3–5.
129. Разумовский В. Г. Инновации в преподавании физики в школах за рубежом. – Новосибирск: РИЦ НГУ. 2005. – 185 с.
130. Разумовский В. Г. Качество естественнонаучного образования и наукоемкие технологии // Образовательная политика. – 2006. – № 4. – С. 32–33.
131. Разумовский В. Г. Проблемы обучения физике и опыт зарубежной школы // Физика в школе. – 2009. – № 8. – С. 9–22.
132. Разумовский В. Г. Методологический аспект физики в историческом развитии как важный источник формирования содержания школьного образования // Физика в школе. – 2011. – № 7. – С. 14–22.
133. Разумовский В. Г., Корсак И. В. Научный метод познания и государственный стандарт образования // Физика в школе. – 1995. – № 6. – С. 20–28.
134. Разумовский В. Г., Майер В. В. Физика в школе. Научный метод познания и обучение. – М.: ВЛАДОС, 2004. – 463 с.
135. Разумовский В. Г., Пинский А. А. Метод модельных гипотез как метод познания и объект изучения // Физика в школе. – 1997. – № 2. – С. 30–36.
136. Разумовский В. Г., Майер В. В. Физика в школе. Научный метод познания и обучение. – М.: ВЛАДОС, 2004. – 463 с.
137. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Дик Ю. И., Никифоров Г. Г., Шилов В. Ф. Физика: Учебник для уч-ся 7 кл. общеобразов. учреждений / под ред. В. Г. Разумовского и В. А. Орлова. – М.: ВЛАДОС, 2002. – 208 с.

138. Разумовский В. Г., Орлов В. А. Дик Ю. И., Никифоров Г. Г., Шилов В. Ф. Физика: Учебник для уч-ся 8 кл. общеобразов. учреждений / под ред. В. Г. Разумовского и В. А. Орлова. – М.: ВЛАДОС, 2003. – 320 с.
139. Разумовский В. Г., Орлов В. А. Дик Ю. И., Никифоров Г. Г., Шилов В. Ф. Физика: Учебник для уч-ся 9 кл. общеобразов. учреждений / под ред. В. Г. Разумовского и В. А. Орлова. – М.: ВЛАДОС, 2004. – 304 с.
140. Разумовский В. Г., Орлов В. А. Основная школа: проблемы обучения и создания учебника нового поколения // Физика в школе. – 2004. – № 5. – С. 28–35.
141. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Майер В. В., Никифоров Г. Г., Сауров Ю. А. Физика: учебник для уч-ся 10 кл. общеобразов. учреждений. Часть 1 / под ред. В. Г. Разумовского и В. А. Орлова. М.: ВЛАДОС, 2010. – 261 с.
142. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Майер В. В., Никифоров Г. Г., Сауров Ю. А. Физика: учебник для уч-ся 10 кл. общеобразов. учреждений. Часть 2 / под ред. В. Г. Разумовского и В. А. Орлова. М.: ВЛАДОС, 2010. – 272 с.
143. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Майер В. В., Никифоров Г. Г., Сауров Ю. А., Страут Е. К. Физика: учебник для уч-ся 11 кл. общеобразов. учреждений. Часть 1 / под ред. В. Г. Разумовского и В. А. Орлова. – М.: ВЛАДОС, 2011. – 255 с.
144. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Майер В. В., Никифоров Г. Г., Сауров Ю. А., Страут Е. К. Физика: учебник для уч-ся 11 кл. общеобразов. учреждений. Часть 2 / под ред. В. Г. Разумовского и В. А. Орлова. М.: ВЛАДОС, 2011. – 359 с.
145. Разумовский В. Г., Сауров Ю. А. Деятельность преподавания как стратегический ресурс образования // Наука и школа. – 2004. – № 6. – С. 2–9.
146. Разумовский В. Г., Сауров Ю. А. О проблеме факта в педагогике и психологии // Наука и школа. – 2005. – № 1. – С. 49–53.
147. Роуэлл Г., Герберт Г. Физика / пер. с англ. под ред. В. Г. Разумовского. – М.: Просвещение, 1994. – 576 с.
148. Рубцов В. В. Организация и развитие совместных действий у детей в процессе обучения. – М.: Педагогика, 1987. – 160 с.
149. Рузавин Г. И. Методология научного познания. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 287 с.
150. Салмина Н. Г. Виды и функции материализации в обучении. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 136 с.
151. Салмина Н. Г. Знак и символ в обучении. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 288 с.
152. Сауров Ю. А. Проблема организации учебной деятельности школьников в методике обучения физике: Автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – М., 1992. – 43 с.
153. Сауров Ю. А. О некоторых методологических вопросах школьного учебного физического эксперимента // Проблемы учебного физического эксперимента: Сб. науч. и метод. работ. Вып. 2. – Глазов, 1996. – С. 29–30.
154. Сауров Ю. А. О построении теории учебного физического эксперимента // Проблемы учебного физического эксперимента: Сб. науч. и метод. работ. Вып. 5. – Глазов, 1998. – С. 21–23.
155. Сауров Ю. А. В чем заключается методология решения задач // Учебная физика. – 1999. – № 3. – С. 65–67.
156. Сауров Ю. А. Основы методологии методики обучения физике: Монография. – Киров: Изд-во Кировского ИУУ, 2003. – 196 с.
157. Сауров Ю. А. Программы формирования методологической культуры будущих учителей физики // Профессиональное сознание специалиста. – Минск: РИВШ БГУ, 2004. – С. 60–64.
158. Сауров Ю. А. Формирование понятий при изучении механики и молекулярной физики: Вопросы методологии // Физика: Приложение к газете «Первое сентября». – 2005. – № 18. – С. 47–50.

159. Сауров Ю. А. Проблема определения и формирования методологической культуры в процессах обучения // Междисциплинарный подход в становлении специалиста-профессионала в гуманитарном вузе. – М.; Коряжма, 2005. – Т. 1. – С. 48–54.
160. Сауров Ю. А. Физика в 10 классе: Модели уроков: кн. для учителя. – М.: Просвещение, 2005. – 256 с.
161. Сауров Ю. А. Физика в 11 классе: Модели уроков: кн. для учителя. – М.: Просвещение, 2005. – 271 с.
162. Сауров Ю. А. Принцип цикличности в методике обучения физике: Историко-методологический анализ: Монография. – Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2008. – 224 с.
163. Сауров Ю. А. Глазовская научная школа методистов-физиков: История и методология развития: Монография. – Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2009. – 208 с.
164. Сачков Ю. В. Введение в вероятностный мир: Вопросы методологии. – М.: Наука, 1971. – 207 с.
165. Сачков Ю. В. Вероятностная революция в науке (Вероятность, случайность, независимость, иерархия). – М.: Научный мир, 1999. – 144 с.
166. Свитков Л. П. Методология и логика познания как средства воспитания обучаемых физике. – М.: МПУ, 1998. – 52 с.
167. Серафимова Л. П. Физические картины мира и физические теории: Пособие для учащихся 10-11 классов. – Красноярск: Изд-во «Поликом», 2002. – 130 с.
168. Синенко В. Я. Система школьного физического эксперимента. Учебное пособие. – Новосибирск, 1993. – 116 с.
169. Синявина А. А. Формирование элементов физической картины мира при изучении систематического курса основной школы // Наука и школа. – 2005. – № 6. – С. 51–56.
170. Слободчиков В. И., Исаев Е. И. Основы психологической антропологии: Психология человека: Введение в психологию субъективности. – М.: Школа-Пресс, 1995. – 384 с.
171. Совершенствование преподавания физики в средней школе социалистических стран: Кн. для учителя / Х. Бинёшек, Я. Варга, М. Ванюшман и др.; под ред. В. Г. Разумовского. – М.: Просвещение, 1985. – 256 с.
172. Совершенствование содержания обучения физике в средней школе / под ред. В. Г. Зубова, В. Г. Разумовского, Л. С. Хижняковой. – М.: Педагогика, 1978. – 176 с.
173. Соколова Н. В. Теория и опыт использования принципа цикличности при обучении физике в старшей школе: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Киров, 2005. – 20 с.
174. Солодухин Н. А. Моделирование как метод обучения физики в средней школе: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – М., 1971. – 23 с.
175. Солодухин Н. А. Методы науки и методы обучения физике // Физика в школе. – 1987. – № 1. – С. 33-34.
176. Спасский Б. И. Вопросы методологии и историзма в курсе физики средней школы. – М.: Просвещение, 1975. – 95 с.
177. Спасский Б. И. Физика в её развитии: Пособие для учащихся. – М.: Просвещение, 1979. – 208 с.
178. Степин В. С. Теоретическое знание. — М.: «Прогресс–Традиция», 2000. – 744 с.
179. Тарасов Л. В. Современная физика в средней школе. – М.: Просвещение, 1990. – 288 с.
180. Теоретические основы содержания общего среднего образования / под ред. В. В. Краевского, И. Я. Лернера. – М.: Педагогика, 1983. – 351 с.
181. Усова А. В. Проблемы теории и практики обучения в современной школе: Избранное. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2000. – 221 с.
182. Усова А. В. Формирование у школьников научных понятий в процессе обучения. – М.: Изд-во ун-та РАО, 2007. – 309 с.
183. Фридман Л. М. Моделирование в учебной деятельности // Формирование учебной деятельности школьников. – М.: Педагогика, 1982. – С. 73–86.
184. Фридман Л. М. Наглядность и моделирование в обучении. – М., 1984. – 80 с.
185. Хижнякова Л. С. Введение в методику обучения физике. Методология педагогического исследования. Ч. 2. – М.: МГОУ, 2006. – 68 с.

186. Хюсен Т. Образование в 2000 году: Исследовательский проект / под ред. В. Н. Столетова. – М.: Прогресс, 1977. – 341 с.
187. Чижов Г. А., Ханнанов Н. К. Физика. 10 кл.: Учебник для классов с углубленным изучением физики. – М.: Дрофа, 2003. – 480 с.
188. Шабалина В. В. Совершенствование урока физики на основе моделирования применительно к теме «Основы кинематики»: автореф. дис. ...канд. пед. наук. – Л., 1986. – 19 с.
189. Шамало Т. Н. Теоретические основы использования физического эксперимента в развивающем обучении: Учебное пособие к спецкурсу. – Свердловск, 1990. – 96 с.
190. Шаронова Н. В. Теоретические основы и реализация методологического компонента методической подготовки учителя физики: автореф. дис. ...д-ра пед. наук. – М., 1997. – 33 с.
191. Швырев В. С. Научное познание как деятельность. – М.: Политиздат, 1984. – 232 с.
192. Шодиев Д. Ш. Мысленный эксперимент в преподавании физики. – М.: Просвещение, 1987. – 95 с.
193. Штофф В. А. Моделирование и философия. – М.; Л.: Наука, 1966. – 147 с.
194. Штофф В. А. Проблемы методологии научного познания: Монография. – М.: Высшая школа, 1978. – 269 с.
195. Щедровицкий Г. П. О некоторых моментах в развитии понятий // Вопр. философии. – 1958. – № 6. – С. 55–64.
196. Щедровицкий Г. П. Избранные труды. – М.: Школа культурной политики, 1995. – 800 с.
197. Щедровицкий Г. П. Философия. Наука. Методология. – М.: Школа культурной политики, 1997. – 656 с.
198. Щедровицкий Г. П. Оргуправленческое мышление: идеология, методология, технология. – М., 2000. – 384 с.
199. Щедровицкий Г. П. Проблемы логики научного исследования и анализ структуры науки. – М., 2004. – 400 с.
200. Щедровицкий Г. П. Интеллект и коммуникация // Вопр. философии. – 2004. – № 3. – С. 170–183.
201. Щедровицкий Г. П. Мышление – Понимание – Рефлексия. – М.: Наследие ММК, 2005. – 800 с.
202. Щукина Г. И. Роль деятельности в учебном процессе. – М.: Просвещение, 1986. – 144 с.
203. Эйнштейн А. Собрание научных трудов в четырех томах. Т. IV. – М.: Наука, 1967. – 599 с.
204. Юдин Э. Г. Методология науки. Системность. Деятельность. – М.: Эдиториал УРСС, 1997. – 444 с.
205. Юлов В. Ф. Мышление в контексте сознания. – М.: Академический Проект, 2005. – 496 с.

Оглавление

От авторов	3
Введение: Насущные проблемы физического образования	4
Глава 1. Методологическое основание развития физического образования	
1.1. Проблемы реальности физического образования	8
1.2. Основные положения методологии методики обучения физике	16
1.3. Проблемы обучения физике и опыт зарубежной школы	25
1.4. Проблема использования современной методологии познания для развития физического образования	36
Глава 2. Воспроизводство деятельности и проблема построения содержания физического образования будущего	
2.1. История физики как источник содержания образования	45
2.2. Основные источники, факторы и механизмы построения содержания физического образования	53
2.3. Воспроизводство деятельности преподавания как фундаментальный ресурс физического образования	61
2.4. Дидактические функции системы дополнительного физического образования	69
Глава 3. Экспериментирование как стратегический ресурс развития физического образования	
3.1. Проблема школьного учебного физического эксперимента для нашего будущего	77
3.2. Методология организации экспериментирования как ведущей учебной деятельности	84
3.3. Экспериментирование как современная деятельность с объектами ноосферы (природные, технические, знаниевые)	94
3.4. Экспериментальная подготовленность учителя физики как стратегический ресурс развития физическошкольного образования	107
Глава 4. Моделирование как стратегический ресурс развития физического образования	
4.1. Дидактический потенциал использования моделей в методике обучения физике	113
4.2. Знаковое мышление как необходимость понимания физического мира	122
4.3. Теоретическое и экспериментальное исследование методических моделей	130
4.4. Вопросы методологии моделирования как учебной деятельности	135
Глава 5. Ресурсы деятельности по решению задач и проблем в школьном курсе физики	
5.1. Решение учебной физической задачи как исследование	146
5.2. Творчество школьников при решении учебных проблем	153
Заключение	167
Библиографический список	170

Научное издание

**В. Г. Разумовский, В. А. Орлов,
В. В. Майер, Ю. А. Сауров**

**Стратегическое проектирование развития
физического образования**

Текст дан в авторской редакции

Работа издана за счет средств авторов

ИРО Кировской области
610046, Киров, ул. Р. Ердякова, 23/2

Подписано в печать 29.03.2012. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 15,7. Тираж 500. Заказ № 150.

Отпечатано в ООО «Типография «Старая Вятка»
610004, Киров, ул. Р. Люксембург, 30, тел. 65-36-77