

В. Г. Разумовский, В. В. Майер, Е. И. Вараксина

## **ФГОС И ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКИ В ШКОЛЕ**

О научной грамотности и развитии познавательной  
и творческой активности школьников

Монография



Нестор-История  
Москва • Санкт-Петербург  
2014

УДК 372.853

ББК 74

P17

Рекомендовано Ученым советом ФГНУ Институт содержания  
и методов обучения РАО. Протокол № 6 от 22.05.2014 г.

Рецензенты:

*Е. Б. Петрова*, доктор педагогических наук, профессор (Москва)

*Ю. А. Сауров*, доктор педагогических наук, член.-корр. РАО,  
профессор (Киров)

*А. А. Фадеева*, доктор педагогических наук, профессор (Москва)

**T67 Разумовский В. Г., Майер В. В., Вараксина Е. И.**

ФГОС и изучение физики в школе : о научной грамотности и развитии познавательной и творческой активности школьников: монография. — М. ; СПб. : Нестор-История, 2014. — 208 с.

ISBN 978-5-4469-0403-7

В монографии представлены результаты системного исследования процесса формирования содержания естественнонаучного образования и даны конкретные рекомендации по реализации требований ФГОС для повышения качества и конкурентоспособности отечественного физического образования.

Книга предназначена для научных и педагогических работников: магистрантов, аспирантов, докторантов, преподавателей вузов, и школьных учителей. Она может быть использована на курсах повышения квалификации учителей, при выполнении дипломных работ, в организации проектной деятельности учащихся.

ISBN 978-5-4469-0403-7



© В. Г. Разумовский, В. В. Майер, Е. И. Вараксина, 2014

© Издательство «Нестор-История», 2014

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	5
<b>Введение</b> .....	6
<b>Глава 1. ФГОС и конкурентоспособность</b> .....	13
1.1. Требования стандарта образования — веление времени (13). 1.2. Естественнонаучное образование и вызов спутника (14). 1.3. Образование и лидерство в научно-техническом прогрессе (18). 1.4. Стандарты школьного естественнонаучного образования США (21). 1.5. Стандарты содержания учебных предметов США (24).	
<b>Глава 2. Требования ФГОС и качество подготовки школьников</b> .....	29
2.1. Международная оценка научной грамотности (29). 2.2. Недостатки подготовки школьников и пути их устранения (30). 2.3. Проблемы при реализации ФГОС (37).	
<b>Глава 3. Методология физики как источник содержания школьного образования</b> .....	42
3.1. Развитие личности ученика и содержание образования (42). 3.2. Становление метода научного познания (43). 3.3. Развитие научного метода познания А.Эйнштейном (45). 3.4. Эмпирические открытия как источники теорий (49). 3.5. Методы теоретических исследований (51). 3.6. Значение методологии физики (53).	
<b>Глава 4. Научный метод познания и его образовательный потенциал</b> .....	57
4.1. Научный метод познания как источник мотивации (57). 4.2. Эмоциональный компонент научного познания (59). 4.3. Научный метод как ориентировочная основа действий (61). 4.4. Чувственный опыт — начальная ступень научного познания (63). 4.5. Логическое и интуитивное в научном познании (63). 4.6. Проверка и границы применимости теоретического знания (65). 4.7. Гуманитарная значимость научных знаний (66).	
<b>Глава 5. ФГОС и новая технология образования</b> .....	68
5.1. Обновление содержания и структуры образования (68). 5.2. Методика реализации технологии обучения (70). 5.3. Знакомство с научным методом познания (72).	

<b>Глава 6.</b>	Преодоление формализма в преподавании физики . . . . .	87
	6.1. Школа учебного физического эксперимента (88). 6.2. Цикл научного познания в обучении (93). 6.3. Физическая задача и учебный опыт (101). 6.4. Модель школьного урока (103). 6.5. Воспитательный эффект уроков физики (112). 6.6. Экспериментальная подготовленность учителя (115). 6.7. Портфолио школьного учителя физики (118). 6.8. Экспериментальные доказательства на уроках физики (125). 6.9. Эксперимент в школьной физике и ЕГЭ (128).	
<b>Глава 7.</b>	Научный метод познания в школьной физике . . . . .	131
	7.1. Обучение научному методу познания (131). 7.2. Применение изученного физического явления (136). 7.3. Получение и систематизация экспериментальных фактов (140). 7.4. Метод модельных гипотез (141). 7.5. Измерение физических величин (144). 7.6. Установление функциональной зависимости (146). 7.7. Математическая модель и ее следствия (149). 7.8. Учебное физическое исследование (154). 7.9. Научная грамотность и объяснение физических явлений (158). 7.10. Формирование навыков проектной деятельности (160).	
<b>Глава 8.</b>	ФГОС и теоретизированный учебник физики . . . . .	165
	8.1. Основы кинематики в школьном учебнике (165). 8.2. Требования ФГОС и компьютерные технологии (170). 8.3. Усвоение основных понятий кинематики в современном учебном исследовании (171).	
<b>Глава 9.</b>	Создание новых элементов учебной физики . . . . .	185
	9.1. Развитие физического мышления в цикле научного познания (186). 9.2. Введение и формирование понятия ЭДС индукции (187). 9.3. Экспериментирование в учебной физике (194). 9.4. Технология создания нового элемента учебной физики (195).	
<b>Заключение</b> . . . . .		200
<b>Список литературы</b> . . . . .		201



## ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта книга есть результат многолетней исследовательской работы авторов в сфере дидактики физики. Она является научной монографией, посвященной теоретическому и экспериментальному исследованию инновационных принципов формирования содержания естественнонаучного образования в современной отечественной школе. Вместе с тем эта книга представляет собой учебно-методическое пособие, предназначенное для студентов физических специальностей педагогических вузов, школьных учителей и вузовских преподавателей физики, аспирантов, исследователей в области теории и методики обучения физике.

Целевое назначение предопределило содержание и стиль изложения монографии. С одной стороны, в книге проведен достаточно подробный теоретический анализ современного состояния физического образования, показано, что источником его содержания является методология физики, раскрыт образовательный потенциал научного метода познания. При этом рассмотрены условия реализации требований ФГОС, обеспечивающие конкурентоспособность отечественного естественнонаучного образования, улучшение качества подготовки школьников, повышение уровня естественнонаучной грамотности учащихся. С другой стороны, монография содержит многочисленные примеры конкретных технологий и методик организации познавательной деятельности школьников на уроках физики, внеурочной проектной деятельности учащихся, исследовательской деятельности школьных учителей в области учебной физики. Этим объясняется использование в монографии различных стилей изложения: строго научного, методического, дидактического, информационного. Ссылки на источники информации приведены в основном на оригинальные работы авторов, которые дают возможность читателю получить исчерпывающую информацию о затронутых в монографии вопросах. Многочисленные фотографические иллюстрации являются органической частью текста, служат подтверждением достоверности содержащихся в нем утверждений и позволяют читателю быстро оценить предложенный материал.

Авторы благодарны рецензентам Е. Б. Петровой, Ю. А. Саурову и А. А. Фадеевой, внимательно прочитавшим предварительный вариант книги и сделавшим ряд ценных замечаний, способствующих улучшению ее содержания и оформления.

## ВВЕДЕНИЕ

Новый Государственный образовательный стандарт введен в действие, но целый ряд вопросов волнует педагогическую и родительскую общественность.

Зачем после распада Советского Союза было нужно ломать устоявшую систему образования, успехи которой признавали одной из лучших в мире даже наши недруги? Действительно, в Советском Союзе в эпоху наших научных и технических приоритетов в области освоения космоса и мирного атома, и в области образования были достигнуты большие успехи. (Успехи в науке, технологии производства и образовании тесно связаны!) Достижения в образовании тех лет состоят в создании системы всеобщего среднего образования — в разработке единого уровня его содержания, во внедрении приемов и методов обучения, обеспечивающих высокое качество учебно-воспитательной работы в массовой школе. Тогда иностранные гости были частыми посетителями наших школ, а мы были желанными участниками международных конференций.

Однако жизнь идет вперед. Роль образования в развитии науки, культуры и производства стремительно возрастает и, к сожалению, сейчас многие наши бывшие достижения перестали соответствовать современным требованиям. Об этом говорят результаты ЕГЭ, международных исследований TIMSS и PISA. Результаты этих исследований обнаруживают ряд серьезных пробелов в знаниях и умениях российских школьников по предметам естественнонаучного цикла учебных предметов. Качество школьного образования и воспитания перестает соответствовать требованиям времени. Это наносит урон подготовке молодого поколения к успешному вступлению во взрослую жизнь и конкурентоспособности государства в целом.

Каковы же наиболее существенные недостатки в подготовке школьников? Прежде всего, это методологические ошибки, которые происходят в результате заучивания текста учебника без должного понимания смысла:

- непонимание различия степени достоверности различных категорий научной информации: фактов, гипотез, моделей, теоретических выводов и результатов эксперимента;
- отсутствие представления о модельном отражении действительности в научном познании;
- отсутствие навыков мыслить моделями: теоретически объяснять, предвидеть, предсказывать;

- неспособность отличить научное знание от ненаучной информации;
- непонимание соотношения между знанием и истиной;
- неспособность идентифицировать наблюдаемые явления с изученными законами и научными понятиями;
- неспособность использовать научные знания в незнакомой ситуации.

Это не новая проблема, но в современных условиях она обострилась. Об этом писал еще в советское время академик Г. С. Ландсберг. «Нас смущает не столько недостаточность фактов и теоретических представлений, находящихся в распоряжении учащихся, сколько отсутствие ясного и правильного суждения об их соотношении. Учащиеся зачастую плохо ориентируются в том, что положено в основу как определение, что является результатом опыта, на что надо смотреть как на теоретическое обобщение этих опытных знаний» [110].

Сейчас от молодого человека, вступающего в жизнь, в плане научной компетентности требуется способность анализировать реальные явления окружающего мира, умение идентифицировать научные понятия и законы при решении проблем в жизненных ситуациях, нужны знания о научном методе познания и методах научного исследования, а также умение учитывать множество факторов, вовлеченных в конкретную жизненную проблему.

Сравнение результатов обучения школьников из России и из других стран явно показывает отличие приоритетов отечественного общего образования от зарубежных приоритетов.

Досадно, что результаты международных сравнительных исследований учебных достижений школьников (TIMSS–1995, 1999, 2003, 2007) свидетельствуют, что уровень предметных знаний и умений российских восьмиклассников не ниже или даже превышает уровень учащихся многих стран. Однако наша действующая система обучения не в достаточной мере способствует развитию умения выходить за пределы учебных ситуаций, в которых формируются эти знания. В целом очевиден симптом формализма в нашей системе подготовки школьников.

Причины отмеченных недостатков делятся на внешние и внутришкольные. К внешним относится переоценка ценностей широкими слоями населения. Произошла коммерциализация культуры. Телевидение — наглядное свидетельство этого. Для очень многих слоев населения наука, культура и образование перестали быть самоценными. Процветает прагматизм, доходящий до криминала: изучать только то, что нужно для поступления в вуз, а то и просто купить нужный документ. В этих условиях учитель зачастую выполняет «социальный заказ»: работает как репетитор, натаскивая учеников для сдачи нужного экзамена.

К внутренним причинам относится прежде всего недостаточная подготовка учителей для работы в соответствии с возросшими требованиями к образованию учащихся. В особенности это касается обучения физике, которое должно вестись на основе демонстрационного и лабораторного эксперимента. К тому же очень многие школы не имеют для этого необходимого современного оборудования. Между тем всем уже становится ясно, что интеллектуальный потенциал государства формируется именно в школе. Без него переход на современные технологии производства невозможен. И у нас есть все необходимое, чтобы в образовании вновь выйти на передовые позиции. Есть государственная программа «Школа», есть замечательные достижения в педагогике и психологии, есть прекрасный опыт педагогических вузов и школ. Однако требуется еще на основе анализа действительного состояния дел в массовой школе обозначить конкретные задачи и пути их решения.

Прежде всего, нужно договориться о том, что следует понимать под термином «содержание образования». В практике работы учителей и органов школьного образования, говоря о содержании образования, имеют в виду чаще всего содержание учебных планов, программ и учебников. Отсюда вывод: овладеть предметом означает выучить текст учебника и научиться решать задачи. Отсюда и истоки формализма и, как следствия, перегрузки учащихся.

Между тем, в науке и международной практике под содержанием образования понимается весь опыт деятельности ученика, за формирование которого ответственна школа. Этот опыт, конечно, включает и опыт произвольного заучивания, запоминания определенной информации, но вовсе не сводится только к заучиванию. Через важный для жизни опыт деятельности знания усваиваются сами собой, произвольно, от частого применения в самых различных ситуациях. Никакой перегрузки при этом не происходит. Анализ результатов международных исследований и ежегодных результатов ЕГЭ позволяет видеть необходимость организации полноценного опыта деятельности учащихся в следующих направлениях:

- 1) опыт самостоятельной познавательной деятельности учащихся на основе научного метода познания;
- 2) опыт изучения явлений природы и техники на основе научных методов исследования;
- 3) опыт теоретических и лабораторных исследований явлений природы и техники в сферах, наиболее актуальных для личности, государства и человечества;
- 4) опыт идентификации, распознавания необходимых знаний для решения возникающих новых проблем;
- 5) опыт творческой деятельности в сфере изучаемой науки и техники.

Конечно, для организации такого опыта деятельности учащихся потребуется совершенствование системы демонстрационных опытов, лабораторных работ и необходимого оборудования, превращение школьного физического эксперимента из средства наглядности в экспериментальный метод познания. Этот метод должен обеспечивать ученика фундаментальными опытами, на которых основывается теория, и экспериментальной проверкой теоретических выводов для внедрения их в практику. Потребуется создание учебников нового поколения и учебно-методического обеспечения к ним, которые условно можно назвать «Физика в самостоятельных исследованиях». Такой начальный опыт у авторов этой книги имеется.

В чем сущность экспериментального метода познания и как этот метод должен работать в процессе обучения физике?

*Во-первых*, ценность физики и других естественнонаучных предметов в школе не ограничивается их вкладом в систему знаний об окружающем мире. Их функция состоит в том, что они должны вооружать школьника научным методом, который позволяет самостоятельно приобретать достоверные знания. Научные знания достоверны, они отличаются от бытовых, художественных, мифологических, оккультных, религиозных и прочих знаний тем, что эти знания получены научным методом: в результате решения проблем, возникающих на основе анализа определенной группы фактов, путем выдвижения продуктивных гипотез и экспериментальной проверки теоретических выводов — предсказаний, вытекающих из этих гипотез. Это позволяет объяснять, предвидеть, получать и использовать новые, еще не знакомые явления и объекты природы.

*Во-вторых*, знакомство с научным методом познания облегчает ученику понимание значения и роли в познании исходных фактов, гипотез, теоретических выводов и экспериментов; научный метод в обучении позволяет полнее реализовать личностную направленность образования, деятельностный подход к процессу обучения, формирование интереса к учебе на основе самостоятельных исследований и творческой деятельности на уроках.

*В-третьих*, мы должны понять, что при реализации известной концепции личностно-центрированного образования научному методу познания принадлежит ведущая роль. Ознакомление школьников с научным методом познания открывает широкие возможности для предоставления учащимся инициативы, независимости и свободы в процессе познания и, что особенно важно, ощущения радости творчества.

Возникает вопрос: каким образом реализуется ознакомление школьников с научным методом познания?

Предлагаемая нами схема ознакомления учащихся с научным методом познания и соответствующего изложения учебного матери-

ала в учебниках представлена следующим образом. Научный метод познания, по Галилею, включает такую последовательность действий:

- восприятие явлений, чувственный опыт;
- выдвижение обоснованного предположения, дающего ключ к решению поставленной проблемы, т. е. гипотезы;
- вывод из гипотезы вытекающих следствий, которые позволяют объяснить наблюдаемые явления или предвидеть новые явления;
- экспериментальная проверка гипотезы и вытекающих из нее следствий.

Каждому этапу познания соответствуют различные методы исследования: фундаментальный эксперимент, наблюдения, измерения, установления закономерностей, моделирование, теоретические построения, научное предвидение, проверочный эксперимент.

Этапы современного научного метода познания в изложении А.Эйнштейна те же, что и у Г.Галилея, но интерпретация их учитывает достижения науки XX века. А.Эйнштейн показал, что процесс научного познания развивается циклически. Он начинается с эксперимента и кончается экспериментом. В этом цикле данные чувственного опыта, гипотеза о закономерной связи явлений, строгие логические выводы следствий из гипотезы и их экспериментальная проверка тесно связаны.

Овладение учащимися методом познания способствует пониманию роли и значения различных научных категорий в описании реальной действительности: эмпирических фактов, физических понятий и величин, законов, моделей изучаемых объектов и явлений, теоретических выводов, экспериментальных данных и опыта практического использования достижений науки.

А.Эйнштейн и другие первооткрыватели новой физики показали, что аксиомы и гипотезы в науке выдвигаются интуитивно на основе выделения и обобщения некоторой группы экспериментальных данных как догадка, а теоретические выводы из них делаются в соответствии с законами логики, как в математике. Поэтому, с одной стороны, гипотеза обладает познавательной мощью объяснения и предвидения, а с другой стороны, она сама требует экспериментальной проверки, поскольку строится на догадке. Только подтвержденные экспериментом теоретические выводы свидетельствуют о достоверности теории и применяются на практике, внедряются в производство. Таким образом, в науке экспериментальные и теоретические методы исследования тесно связаны.

Экспериментальные методы исследования в наиболее общем виде содержат следующую последовательность действий: наблюдение явления и измерение физических величин, характеризующих это

явление; систематизация данных в табличной, графической и аналитической формах, формулировка гипотезы; выведение теоретических следствий; экспериментальная проверка теоретических выводов.

Теоретические методы исследования, по академику С. И. Вавилову, делятся на метод принципов, метод математических гипотез и метод модельных гипотез.

Теория, построенная на гипотезах, имеет границы применимости. Рано или поздно с экспериментальными открытиями новых явлений, которые не удастся объяснить на основе данной теории, цикл развития этой теории заканчивается, выдвигается новая гипотеза и начинается развитие цикла новой теории. Наука раскрывается перед учащимися не как нечто законченное и застывшее, но как нечто постоянно развивающееся и зовущее к поиску.

Изменяется ли методика изучения вопросов при акценте на усвоение метода научного познания?

Да, изменяются и методика, и технология обучения физике. Владение школьниками методом познания позволяет учителю организовывать их самостоятельную познавательную деятельность. Эта деятельность на уроках имеет форму экспериментальных и теоретических исследований, которые органически вписываются в логику процесса познания, являются его этапами.

Методика работы учителя по организации исследований состоит в следующем. Основу учебного процесса составляют самостоятельные исследования учащимися изучаемых явлений. Для их организации учитель ставит перед учащимися задачу исследования и ряд последовательных вопросов. Например: 1) На каком опыте можно изучить данное явление? 2) Какое оборудование для этого потребуется? 3) Как можно убедиться в том, что в выбранном эксперименте действительно можно наблюдать изучаемое явление? 4) Какие измерения нужно произвести? 5) Как нужно систематизировать результаты измерений? 6) Как можно выразить функциональную зависимость измеряемых величин? 7) Как можно получить следствия из полученных данных? 8) Как можно экспериментально проверить теоретические выводы?

После удовлетворительных ответов учащиеся приступают к проведению самостоятельных исследований, а учитель наблюдает за их работой. При этом учитель оценивает не только знания учащихся, но и их способность самостоятельно мыслить и действовать. Центр тяжести труда школьников переносится с домашней работы на урок, как это и должно быть. Выполняя исследования, учащиеся испытывают потребность обратиться к учебнику «для дела», а не только для того, чтобы пересказать его текст. На уроках они систематически работают с текстом учебника и обучаются работе с научной литературой, то есть учатся: 1) находить нужную информацию; 2) интер-

претировать найденный текст; 3) понимать и оценивать полученную информацию.

Выполнение самостоятельных исследований ведет ученика от незнания к знанию не только со страниц учебника и не только со слов учителя, но и в результате собственного исследования, доставляя ему ощущение собственного открытия и громадное удовлетворение. При этом школьники ощущают силу научного знания, у них постоянно растет ранг научных знаний по шкале личных ценностей. При этом в полную силу и проявляется воспитывающий фактор обучения.

Применение научных методов исследования требует от учащихся постоянного проявления индивидуальной творческой смекалки. Она требуется при переходе от опыта к обоснованной гипотезе и от теоретических выводов к их экспериментальной проверке. При этом формируется навык, который многие учащиеся по своей инициативе используют при конструировании различных приборов и технических устройств, связанных с изучаемыми явлениями, проявляя творческие способности.

Как изменяются требования к системе задач и методам их решения?

Метод научного познания хорошо конкретизируется в схеме деятельности по решению любых задач: качественный анализ физического явления, определение идеи или плана решения, построение математической модели явления и получение выводов из нее (ответа), анализ выполненного решения. Если так организовать работу с задачами, то сам процесс будет способствовать развитию физического мышления. Для овладения научным методом познания и развития творческих способностей необходимо подбирать или составлять творческие задачи, решение которых связано с выдвижением гипотезы или с созданием проекта.

На первый взгляд поднятые здесь вопросы могут показаться частными, имеющими чисто дидактический узко методический характер. Мы же хотим показать, что они затрагивают интересы каждого, общества и государства в целом поскольку речь идет о конкурентоспособности в современном мире.



## **Глава 1**

### **ФГОС И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ**

Новый Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) поставил перед школой важные цели и задачи, которые должны быть реализованы в ближайшей перспективе [ 101 ]. Стандарт обозначил громадный скачок в повышении требований к качеству общего образования. Документ расширяет и конкретизирует требования к результату обучения и воспитания. Школьники будут овладевать не только достижениями современной науки, но и научными методами исследования явлений природы, методами познания и понимания окружающего мира природы, техники, технологии, материальной и духовной культуры человечества, овладевать навыками проектной деятельности.

#### **1.1. Требования стандарта образования — веление времени**

Современному человеку, достигшему совершеннолетия, нужно быть не только способным овладеть профессией, но и быть научно грамотным, чтобы свободно ориентироваться в быстроменяющейся обстановке, принимать решения и самостоятельно осваивать нужные научные знания. Для этого в программах обозначены методы исследования, которыми должны овладеть школьники, и конкретно указаны формируемые умения:

- наблюдать, описывать, измерять, проводить эксперимент;
- анализировать наблюдаемые явления и делать выводы;
- обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимости между физическими величинами и объяснять полученные результаты;
- выдвигать гипотезы на основе знания основополагающих физических закономерностей и законов, проверять их экспериментальными средствами, формулируя цель исследования;
- анализировать, оценивать и проверять достоверность получаемой информации;
- исследовать и анализировать разнообразные физические явления и свойства объектов, объяснять принципы работы и характеристики приборов и устройств;

- осуществлять учебно–исследовательскую, проектную деятельность на основе научных знаний и понимания взаимосвязи естественных наук.

Речь идет не просто о приобретении полезных практических умений и навыков. На базе овладения научными методами исследования явлений требуется воспитание необходимых в современном обществе качеств личности. Изучение физики должно способствовать формированию интереса к науке, развитию познавательных и творческих способностей, воспитанию потребности в расширении и углублении научных знаний. Ответственность школы за выполнение указанных требований возрастает в связи с тем, что образование, кроме всего прочего, все больше становится фактором выживаемости и конкурентоспособности личности, поколения и государства в целом. Подтверждением этому служит участие десятков стран в сравнительных исследованиях качества естественнонаучного школьного образования.

Анализ литературы по сравнительной педагогике свидетельствует о том, что на протяжении всего послевоенного времени происходит состязание между странами по качеству школьного образования как в показателе социальной, культурной, экономической, производственной и оборонной конкурентоспособности. Явно это соревнование обозначилось после международного шока, вызванного запуском советского спутника. Выражение «Вызов спутника» (*Sputnik challenge*) стало международным и по сей день звучит как стимул для повышения качества естественнонаучного образования в общеобразовательной школе. Этот вызов стал причиной модернизации школьного образования в ряде стран всего мира.

## **1.2. Естественнонаучное образование и вызов спутника**

В начале шестидесятых годов американские правящие круги забеспокоились превосходством естественнонаучного образования в СССР, объясняя им приоритет нашей страны в освоении космоса и во многих других областях науки и техники. Специальный помощник Президента США по науке и технике, сотрудник Агентства перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США Н. Е. Головин писал в то время: «В последние годы нас предупреждали о решительных усилиях, сделанных СССР с тем, чтобы потеснить США в технологическом превосходстве, путем массированного увеличения выпуска продукции и использования ученых и инженеров высшей квалификации. Было показано, что

СССР ежегодно дипломирует приблизительно 80000 инженеров и ученых в области естественных наук, средний уровень квалификации которых, предположительно, лишь незначительно уступает специалистам США, в то время как Соединенные Штаты ежегодно дипломируют только около 30000 тех же самых специалистов» [124, с. 9]. При весьма скептическом отношении к этим цифрам экспертом были сформулированы три проблемы, которые требовали немедленного решения:

«1. Что должно быть сделано, и как, для преодоления неблагоприятной тенденции превосходства СССР в более быстром, чем в США ежегодном приросте числа ученых и инженеров высокой квалификации и их продуктивности?

2. В ожидании решения этой проблемы, что может быть сделано, и в какой степени, чтобы для ускорения научно-технического прогресса перевести в сферу производства компетентных ученых и инженеров из других сфер занятости?

3. Независимо от степени успеха в любом из этих подходов, что может быть сделано в США, чтобы увеличить творческую эффективность ученых и инженеров, уже занятых в такой работе?»

В заключение автор приходит к выводу: «...если мы желаем, чтобы наши относительные технологические способности *vis-a-vis* с СССР оставались постоянными, или увеличились, мы должны участвовать в численном соревновании с Советским Союзом по производству соответственно подготовленных ученых и инженеров».

Решение этой проблемы в США столкнулось с проблемой обучения естественнонаучным предметам в средней школе, которые в то время в старших классах там были необязательными. На страницах американского журнала *The Physics Teacher* была опубликована статья профессора Гарвардского университета Ф. Г. Ватсона «Почему нам нужно больше учебных курсов по физике?». В статье было показано соотношение чисел учащихся в 12 классе средней школы США и тех из них, которые выбирают физику для изучения. Их оказалось всего 20%! Также было показано неуклонное снижение процента школьников (рис. 1.1), выбравших физику в

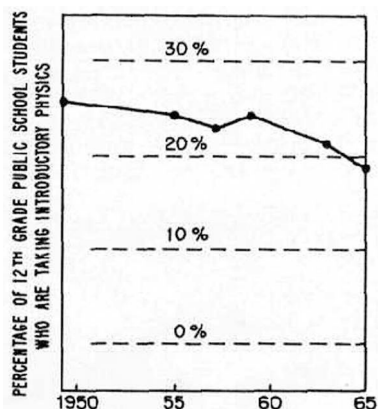


Рис. 1.1

те же годы [113, с.213]. Позднее в передовой статье того же журнала были опубликованы сравнительные графики роста числа подписчиков на американский журнал «The Physics Teacher» и на аналогичный советский журнал «Физика в школе» [126, с.112]. Тираж журнала для учителей физики в СССР оказался в 17 раз больше, чем в США (рис. 1.2). Косвенно эта разница указывала на соотношение численности школ с преподаванием естественнонаучных предметов и учителей физики, работающих в средних школах.

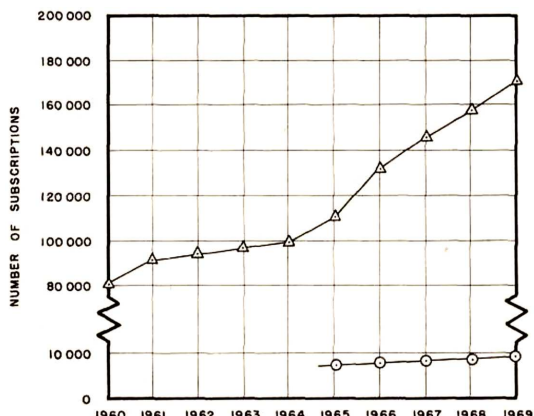


Fig. 1. Graph of the comparative success of THE PHYSICS TEACHER(○) and *ФИЗИКА В ШКОЛЕ*(△) as measured by subscription data.

#### Subscriptions to Journals for Physics Teachers in USA and USSR

Рис. 1.2

Вслед за вузовским образованием США подверглось критике и качество школьного образования, как закладывающее отставание в уровне образования и интеллектуального развития. «Проведя исследование содержания экзаменационных билетов советской средней школы по физике и алгебре, Совет по вступительным экзаменам в колледжи пришел к заключению, что задания, включенные в билеты по алгебре, примерно эквивалентны заданиям того экзамена в американской школе, которое Совет называет «экзаменом на повышенном уровне». «Только 10% учащихся последнего, XII класса, — заключает Совет, — изучали курс математики, на котором строится этот экзамен». Такую же картину обнаружил Совет, изучая экзаменационные билеты советской школы по физике. Комментируя эти данные, адмирал Риквер делает следующее заключение: «Большое число детей, заканчивающих в 17 лет десятилетнюю школу в России, имеют такой уровень знаний, которого

достигают наши самые талантливые дети после двух лет обучения в колледже» [55, с. 42].

Международный интерес к достижениям советского школьного образования был так значителен, что в шестидесятые годы по плану культурного обмена в США трижды экспонировались выставки детского научного, технического и художественного творчества.

Выставки прошли в восьми городах США. На них побывали в общей сложности десятки тысяч американских граждан, многие из которых оставили восторженные отзывы в книге посетителей [80, 81]. На рис. 1.3 приведена фоторграфия, сделанная на выставке детского творчества СССР в США (Бостон, 1967 г.).



Рис. 1.3

Но надо признать и то, что в шестидесятые годы в США и других странах на волне борьбы за конкурентоспособность было многое сделано для модернизации школьного естественнонаучного образования, в особенности физики. В частности, были созданы принципиально новые учебники для средней школы, в которых был сделан упор на развитие интересов и способностей учащихся, на формирование практических навыков экспериментальных исследований. У нас наиболее известными в те годы были американские учебники *PSSC* (*Physical Science Study Committee*), *HPP* (*Harvard Project Physics*) для старших классов и *IPS* (*Introductory*

*Physical Science*) для основной школы [67, 83]. Учебник *PSSC* был издан на русском языке [102]. В этих учебниках привлекает внимание методологический аспект науки, использование которого способствует формированию исследовательских умений и навыков, а также развитию познавательных и творческих способностей учащихся.

Особый интерес до сих пор представляет Наффилдовский проект, разработанный в Англии, охвативший все школьные предметы естествознания, в том числе весьма оригинальный курс физики для углубленного изучения (*Nuffield Advanced Physics Project*). В этом едином проекте представлены достижения современной науки с оптимальной реализацией межпредметных связей, которые позволяют анализировать явления природы с разных сторон и в комплексе применять научные знания на практике. Заметим, что все это было сделано не без учета опыта советской школы во всех отношениях.

### 1.3. Образование и лидерство в научно–техническом прогрессе

Следующим историческим моментом осознания мировой ответственностью школьного образования, как важного фактора конкурентоспособности стран, было начало 80–х годов, когда США стали терять мировое лидерство в научно–техническом прогрессе.

В апреле 1983 года по указанию президента Рейгана Национальная комиссия по образованию США на основании проведенного исследования качества школьного образования опубликовала доклад «*Нация на грани риска: необходимость реформы образования*», обращенный к народу (рис. 1.4). Вот некоторые выдержки из этого доклада: «...в настоящее время состояние нашего образования характеризуется снижением его качества, нарастающим потоком серости, посредственности, которая угрожает ближайшему будущему государства и народа...

...Наше общество и его система образования потеряли «образ

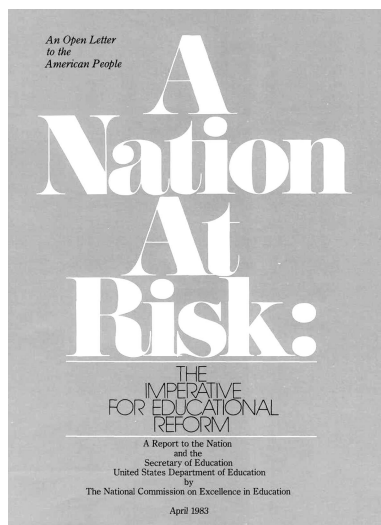


Рис. 1.4

главных целей» школьного образования, а также образ высоких требований к условиям для достижения этих целей...»

«...Мы растратили те завоевания в образовании школьников, которые были достигнуты в результате вызова советским Спутником (*Sputnic challenge*). Больше того, мы демонтировали системы поддержки, которые помогли нам сделать эти достижения. Мы, по сути, совершили акт бездумного, одностороннего образовательного разоружения ...». (*Не совершаем ли и мы сейчас подобное разоружение, исключив из ФГОС для старших классов обязательное изучение предметов естествознания?!*).

...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 смещено 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...

В век информации, в который мы входим, обучение — это необесцениваемые инвестиции, гарантирующие успех... Народ США должен знать, что лица, которые не достигнут необходимого уровня научной 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...» [111, с. 5–7].

В числе главных требований реформы стали: «...Обучение естественным наукам в средней школе должно обеспечить школьников: а) овладением понятиями, законами, и пониманием процессов физических и биологических наук; б) знанием методов научного познания и доказательства; в) *формированием навыков применения научных знаний в повседневной жизни*; г) *пониманием социального и экономического значения научного и технологического прогресса...*» [111, с. 25].

В основной школе обучение идет по единому плану. Весь набор предметов по естествознанию (астрономия, геология, химия и физика или технология) обязателен для всех. С десятого класса вводятся предметы по выбору учащихся. Приводим учебный план для старших 9–12 классов средней школы (рис. 1.5), который в семи фундаментальных предметах и предметных областях давал



«образ главных целей» школьного образования и который был предложен в качестве образца. В нем были четко обозначено место для обязательных предметов и место для их углубленного изучения или для изучения других предметов по выбору школьников [116, с. 9].

SUBJECT	1st YEAR	2nd YEAR	3rd YEAR	4th YEAR
ENGLISH	Introduction to Literature	American Literature	British Literature	Introduction to World Literature
SOCIAL STUDIES	Western Civilization	American History	Principles of American Democracy (1 sem.) and American Democracy & the World (1 sem.)	<div>ELECTIVES</div>
MATHEMATICS	Three Years Required From Among the Following Courses: Algebra I, Plane & Solid Geometry, Algebra II & Trigonometry, Statistics & Probability (1 sem.), Pre-Calculus (1 sem.), and Calculus AB or BC			
SCIENCE	Three Years Required From Among the Following Courses: Astronomy/Geology, Biology, Chemistry, and Physics or Principles of Technology			
FOREIGN LANGUAGE	Two Years Required in a Single Language From Among Offerings Determined by Local Jurisdictions			
PHYSICAL EDUCATION/HEALTH	Physical Education/Health 9	Physical Education/Health 10		
FINE ARTS	Art History (1 sem.) Music History (1 sem.)			

Рис. 1.5

Как видно из учебного плана, один или несколько предметов из списка предметов по математике и естествознанию должны изучаться обязательно до одиннадцатого класса включительно.

Пример этот должен быть поучительным для нас. ФГОС не требует обязательного изучения основ наук естествознания на старшей ступени. Легко догадаться, к чему это приведет. Уже сейчас желающих сдавать ЕГЭ по физике меньше 25%. При теперешнем спаде интереса школьников к науке нас ожидает та же ситуация, что и в США с той лишь разницей, что к нам нет такого притока научной элиты как в США.



## 1.4. Стандарты школьного естественнонаучного образования США

Президент Джордж Буш (старший), продолжая политику Рейгана, сформировал *Национальную комиссию целей образования*. Разработанные цели получили статус стандартов образования, которые должны быть достигнуты к 2000 году. В частности, провозглашалось: «К 2000 году школьники США должны быть первыми в мире по достижениям в области естественных наук и математики» [119, с. 6]. Эти цели — стандарты получили поддержку нового правительства после выборов Президента Уильяма Клинтона. Таким образом, установление целей и разработка стандартов образования стали стратегией в политике реформ образования США.

В дальнейшем в результате широкого обсуждения политики школьного образования в государственных и общественных кругах США было признано, что в современных условиях школьное естественнонаучное образование является одним из важнейших факторов конкурентоспособности страны. Теперь речь идет не столько о подготовке научной элиты, сколько *о всеобщей научной грамотности, как неотъемлемой части общего школьного образования*.

Директор *Международного центра научной грамотности* профессор Мичиганского университета Джон Миллер определяет научную грамотность, как «уровень понимания науки и техники, который должен функционировать в современном индустриальном обществе».

Путем тестирования Миллер нашел основания для измерения двух существенных сторон научной грамотности. Первая характеризует элементарные знания ключевых научных понятий, таких как стволовая клетка, молекула, миллимикрон, нейрон, лазер, ДНК, ядерная энергия, дрейф континентов, причина сезонов, биологическое развитие, парниковый эффект. Вторая характеризует процесс научного познания — понимание того, что наука делает свои заключения на свидетельстве фактов и доказательств, а не на эмоциях, идеологии, древних текстах, высказываний авторитетных фигур, суеверии, или религии. Научно грамотный человек должен понимать, что означает «научно изучить и объяснить какое-то явление», быть в состоянии объяснить такие понятия, как «эксперимент» или «гипотеза», и понимать, что астрология никак не является наукой» [112, с. 405]. Именно эта сторона научной грамотности стала главной в оценке и в реформе американского школьного образования.

В 1994 году учеными США было дано определение понятию «научной грамотности» населения страны как важнейшему фактору конкурентоспособности.

В том же году в США Национальным фондом поддержки науки, Департаментом образования, Национальной Академией науки и рядом других фондов и научных организаций был разработан документ (рис. 1.6) под названием «Стандарты школьного естественнонаучного образования» [120], постепенная реализация которых должна быть достигнута в США к 2061 году.

Важнейшие цели и задачи естественнонаучного образования в этом документе, приведенные ниже, совпадают с требованиями ФГОС, как очевидно, и со стандартами других стран. (Хотя термин «научная грамотность» в тексте ФГОС, к сожалению, отсутствует!) Наверное, совпадения в задачах образования в какой-то мере не только допустимы, но и закономерны. Ведь речь идет о обновлении!

Но проблема в другом. Надо четко разобраться в том, что нового требует ФГОС. Ведь многое, что в нем обозначено, уже было в советской школе. Вспомним, что школьная реформа в конце 60-х — начале 70-х годов прошла под девизом: *привести содержание образования в соответствие с достижениями современной науки и потребностями общества*. Принцип политехнизма был положен в разработку содержания образования. *(Не в этом ли суть востребованной сейчас естественнонаучной грамотности?!)*

Но, к сожалению, многое было потеряно при реформе, последовавшей сразу после распада Советского Союза. Конечно, сейчас наука ушла далеко вперед. Поэтому надо четко поставить задачи: что нужно восстановить на современной основе, и что надо разработать и внедрить в практику работы школы заново, учитывая современный опыт отечественной и зарубежной школы.

Во введении американских стандартов дана следующая мотивировка создания этого документа.

«В мире, заполненном продуктами научных открытий, научная грамотность стала потребностью для всех. Все должны использовать научную информацию, чтобы делать выбор, необходимость которого возникает каждый день.

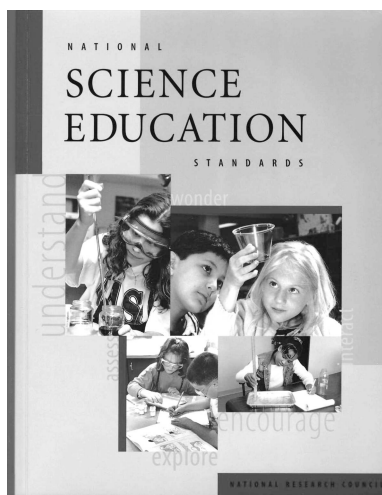


Рис. 1.6

Все должны быть в состоянии участвовать разумно в общественном обсуждении и дебатах о важных проблемах, которые связаны с достижениями науки и техники. И все имеют право разделять волнение и чувство причастности, которое происходит из понимания и узнавания нового о мире природы и техники. Научная грамотность приобретает возрастающее значение для работы на любом рабочем месте. Все больше требуются научные умения и навыки: постоянно учиться, рассуждать, думать творчески, принимать решения и решать проблемы. Понимание науки и процессов науки способствуют овладению этими навыками. Другие страны усиленно инвестируют образование научно грамотной рабочей силы. Чтобы идти в ногу с мировым рынком, у Соединенных Штатов должно быть соответственно научно грамотное население» [120, с. 1–2].

Этим задачам соответствуют цели, которые лежат в основе американских *Национальных стандартов естественнонаучного образования*. Они состоят в том, чтобы приобщить школьников к опыту:

- «обогащения знанием и пониманием окружающего мира природы и техники;
- использования научных методов и принципов в принятии личных решений;
- участия в общественных обсуждениях и дебатах, касающихся науки, техники и технологии;
- увеличения экономической продуктивности на основе научной грамотности» [124, с. 15].

Документ состоит из предисловия, введения, описания важнейших принципов и дефиниций, и шести связанных между собой стандартов:

1. Стандарты обучения естественным наукам.
2. Стандарты профессиональной подготовки и развития учителей.
3. Стандарты оценки достижений учащихся.
4. Стандарты содержания наук (учебных предметов) в образовании.
5. Стандарты программ обучения основам наук.
6. Стандарты обучения системам науки.

Все перечисленные стандарты представляют для нас большой интерес, но остановимся на главном — на содержании наук в стандарте образования.

## 1.5. Стандарты содержания учебных предметов США

Стандарты содержания естественнонаучных предметов описывают, что должны школьники знать, понимать и быть в состоянии сделать к окончанию 12 класса. Они охватывают восемь категорий:

- общие понятия, принципы и процессы в естественных науках (эта категория содержания является общей для всех последующих категорий);
- наука как процесс научного познания;
- физические науки (физика и химия);
- науки о живой природе (биология);
- науки о Земле и Космосе (геология и астрономия);
- наука и техника;
- наука в личной и социальной перспективе развития;
- история и природа науки.

Из всего этого мы рассмотрим только те оригинальные вопросы, которые особенно востребованы для решения проблемы научной грамотности.

**1. Научная грамотность как цель образования.** Научная грамотность означает знание и понимание научных понятий и способность ими пользоваться, при принятии решений, при участии в общественных и культурных мероприятиях, а также применять их в быту и на производстве в целях экономического и культурного прогресса. Это понятие включает в себя также конкретные виды способностей. Научная грамотность предполагает, что человек может спросить, найти или получить ответы на вопросы, полученные из любопытства о повседневных явлениях. Она означает, что человек может описать, объяснить и предсказать наблюдаемые природные явления. Научная грамотность предполагает умение читать с пониманием статьи о науке в популярной прессе и участвовать в их обсуждении. Научная грамотность также подразумевает способность выдвигать и оценивать аргументы, основанные на фактических данных и делать правильные выводы на основе этих аргументов.

Школьники на основе своей практики должны оценить значение научной грамотности для развития своих познавательных и творческих способностей, и научиться пополнять свою научную грамотность в течение всей своей жизни.

**2. Наука как процесс научного познания.** Для развития способностей учащихся к научному познанию явлений необходимо, чтобы они активно участвовали в научных исследованиях и давали научные объяснения своей деятельности, активно используя когнитивные и манипулятивные навыки. Нужно, чтобы все действия

школьников проводились осознано. Учителя должны активизировать мыслительную деятельность школьников, задавая им, например, такие вопросы: какое объяснение Вы ожидали получить на основе этих данных?; оказались ли в этих данных какие-нибудь неожиданности для Вас?; насколько Вы уверены в точности полученных данных?

Учащиеся должны отвечать на подобные вопросы во время выполнения всего исследования. Коллективные обсуждения объяснений, предложенных школьниками, являются формой внимательного рассмотрения проведенных исследований, что является важным аспектом науки. Учителя должны вовлекать школьников в беседы, которые сосредотачиваются на вопросах такого рода: как Вы это узнали?; насколько бесспорными Вы считаете полученные Вами результаты?; нельзя ли найти лучший способ исследования?; если Вы должны объяснить результат исследования кому-то, кто ничего не знает о проекте, как Вы сделаете это? и т. д.

Стандарты содержат весьма ценные указания по развитию способностей учащихся, необходимых для проведения научных исследований.

**3. Способности, необходимые для научного исследования.** Определение вопросов и концепций, которые являются ведущими для данного исследования. Школьники должны сформулировать проверяемую гипотезу и показать логические связи между научными понятиями гипотезы и планом эксперимента. Они должны показать соответствующие процедуры, базы знаний и концептуальное понимание проводимого научного исследования.

**4. Разработка и проведение научных исследований.** Проектирование и проведение научного исследования требует научной идентификации исследуемого явления с соответствующими научными понятиями, выбора оборудования для эксперимента, соблюдения техники безопасности и научных знаний, полученных из дополнительных научных источников, помимо данного исследования.

**5. Использование математики и технических средств для проведения исследования и коммуникации.** Различные технические средства, такие как ручные инструменты, измерительные приборы, а также калькуляторы, должны быть неотъемлемой составляющей частью оборудования для научного исследования. Использование компьютеров для сбора, анализа и отображения данных также является частью настоящего стандарта. Математика играет важную роль во всех аспектах исследования. Например, измерения используются для постановки вопросов, формулы применяются для разработки

объяснения, диаграммы и графики используются для документации и передачи результатов исследования.

**6. Формулировка и пересмотр научных объяснений и моделей, использование логики и фактов.** Исследования учащихся должны завершаться разработкой объяснения или модели. Модели должны быть физическими, концептуальными или математическими. В процессе ответов на вопросы учащиеся должны включаться в дискуссии и выдвигать аргументы, которые приводят к пересмотру их прежних объяснений. Эти дискуссии должны быть основаны на научных знаниях, использовании логики и доказательств от проведенного исследования.

**7. Распознавание и анализ альтернативных объяснений и моделей.** Этот аспект стандарта направлен на развитие способности критически анализировать аргументы, анализировать научные объяснения в современном научном понимании, взвешивать все доказательства, а также проверять строгость логических рассуждений, чтобы решить вопрос о том, какие объяснения и модели являются лучшими. Хотя правдоподобных объяснений может быть несколько, но не все они имеют равный вес. Школьники должны уметь использовать научные критерии, чтобы найти предпочтительный вариант объяснений.

**8. Понимание особенностей научного исследования.** Школьники должны отличать научные исследования от других видов деятельности современного человека.

- Ученые обычно исследуют вопросы о том, как функционируют физические, химические, биологические или технологические системы. Концептуальные принципы и научные понятия являются руководящими в научных исследованиях. Исторические и современные научные знания влияют на оформление и интерпретацию результатов исследования, на оценку предлагаемых объяснений, сделанных другими учеными.

- Ученые проводят исследования для выяснения широкого круга вопросов. Например, научные исследования необходимы, чтобы обнаружить новые стороны мира природы, объяснить наблюдаемые в последнее время явления, или проверить выводы предварительного исследования, или предварительного вывода — предсказания современных теорий.

- Ученые используют компьютеры и информационные технологии для улучшения сбора и обработки результатов эксперимента. Новые методы и лабораторное оборудование расширяют возможности для получения, систематизации и анализа научных данных.

- Математика имеет особое значение для научных исследований. Математические методы и модели совершенствуют постановку вопроса, сбор данных, построения объяснений и коммуникации полученных результатов.

- Научные объяснения должны удовлетворять таким критериям, как: логическая последовательность, доказательность, открытость для вопросов и возможных модификаций, и они должны базироваться на исторических и современных научных данных.

- Результаты научного исследования — новые знания и методы исходят из различных видов исследований и общественных связей между учеными. В коммуникации и обосновании результатов научных исследований должна быть показана связь с результатами исследования и историческим фундаментом научного знания. Кроме того, методы и процедуры, которые использовались в исследовании, должны быть четко описаны, чтобы была возможность для его проверки и продолжения [120, с. 175–176].

**9. Способности технологического проектирования.** Учащиеся должны быть в состоянии определить возникающие проблемы или потребности, изменить и улучшить существующие технологические решения.

- *Предлагать проекты и делать выбор между возможными решениями.* Школьники должны демонстрировать вдумчивое проектирование элементов новой технологии или техники. Они должны суметь показать роль моделей и моделирования в процессах конструирования.

- *Осуществлять предлагаемые решения.* Для осуществления предложенного проекта потребуются различные навыки в зависимости от типа технологии, которая запланирована. Постройка приборов может потребовать навыков обработки материалов — таких как древесина, металл, пластмассы и текстиль. Решения могут быть также осуществлены путем использования компьютера и программного обеспечения.

- *Оценивать решение и его последствия.* Учащиеся должны уметь проверить любое решение, сопоставив его с потребностями и критериями, которым оно должно было удовлетворять.

- *Сообщение о выполненном технологическом проекте.* Ученик должен уметь представить результаты проектирования одноклассникам, учителям, родителям и др. множеством путей: устно, в письменной форме и в других формах — моделях, диаграммах, демонстрациях и компьютерных презентациях.

**10. Понимание различия и связи науки и технологии.** Школьники должны осознавать, чем наука отличается от технологии и как связаны эти области деятельности человека.

- Ученые в различных дисциплинах задают различные вопросы, используют различные методы исследования и применяют различные типы свидетельств в поддержку своих объяснений исследуемых явлений. Много научных исследований требуют вкладов людей от различных дисциплин, включая инженеров. Новые науки, такие как геофизика и биохимия часто появляются во взаимодействии двух старых дисциплин.

- Наука часто продвигается с введением новых технологий. Решение технологических проблем обычно приводит к новым научным знаниям. Новые технологии нередко расширяют современные уровни научного понимания и открывают новые области исследования.

- Творческий потенциал, воображение, и хорошая основа знаний — все это требуется в совместном научном исследовании и технологическом проектировании.

- Наука и техника преследуют различные цели. Научные исследования порождают желание глубже понять естественный мир, а технологический проект возникает как удовлетворение потребности человека и способ решить его жизненные проблемы. Технология, по ее природе, оказывает больше прямое влияние на общество чем наука, потому что ее цель состоит в том, чтобы решить человеческие проблемы. Однако питательной средой для развития технологии является наука. Овладение основами науки и современной технологии обеспечивает необходимую научную грамотность [ 120, с. 165–166 ].

Таким образом, из приведенных текстов видно, что американские «Стандарты» более развернуты в плане дидактических рекомендаций по достижению заданных целей и результатов естественнонаучного образования по подготовке школьников к самостоятельным наблюдениям и исследованиям учащихся, чем ФГОС. Однако одно дело требования, планы и прогнозы, а другое дело реальная практика работы и ее результаты в массовой общеобразовательной школе.

Для сопоставления того и другого, начиная с 1990–91 учебного года, в мире проводятся международные исследования качества подготовки школьников. Основной упор в этих исследованиях делается на сравнение уровня естественнонаучной грамотности учащихся, причем особое внимание уделяется умениям объяснять явления окружающего мира и применять полученные знания на практике.



## Глава 2

### ТРЕБОВАНИЯ ФГОС И КАЧЕСТВО ПОДГОТОВКИ ШКОЛЬНИКОВ

Представляет значительный научный и практический интерес сравнительный анализ требований ФГОС и результатов, достигнутых системой отечественного естественнонаучного образования. Результаты проведенного анализа позволяют выбрать средства и наметить пути повышения научной грамотности школьников [74].

#### 2.1. Международная оценка научной грамотности

По инициативе США в 1991 году было проведено международное исследование сравнительной оценки достижений школьников в естественнонаучном образовании, в котором участвовало 20 стран (рис. 2.1). СССР тогда занял пятое место, а США тринадцатое место [118]. Однако показатели дальнейших исследований оказались для нас не такими радужными. Начиная с 1995, через каждые четыре года проводятся международные исследования тенденций школьного образования по математике и естественным наукам *TIMSS (the Trends in International Mathematics and Science Study)*, включающие более 60 стран всего света. В 1995 году по научной грамотности школьники США оказались в средней группе стран, а России — в третьей группе отстающих [15].

В 1997 году международная Организация экономической кооперации и развития (*Organisation for Economic Cooperation and Development*) *OECD* разработала программу Международной оценки достижений школьников (*Programme for International Student Assessment*) *PISA*, регулярные исследования которой проводятся с 2000 года. В 2009 году, как и в предыдущие годы, по естественнонаучной грамотности лидируют учащиеся быстро развивающихся стран. Школьники РФ оказались в группе отстающих стран, заняв 33–38 место из 65 (ниже среднего по странам 22–28). Школьники США заняли 24–35 места [121]. Разница, казалось бы, невелика, а между тем, показатель научной грамотности указывает на конечный результат образования, который состоит не столько в воспроизведении «знаний» и решении задач по готовой формуле, сколько в «видении» в окружающих явлениях жизненно важных проблем и успешном применении науки для их решения. Эту сто-

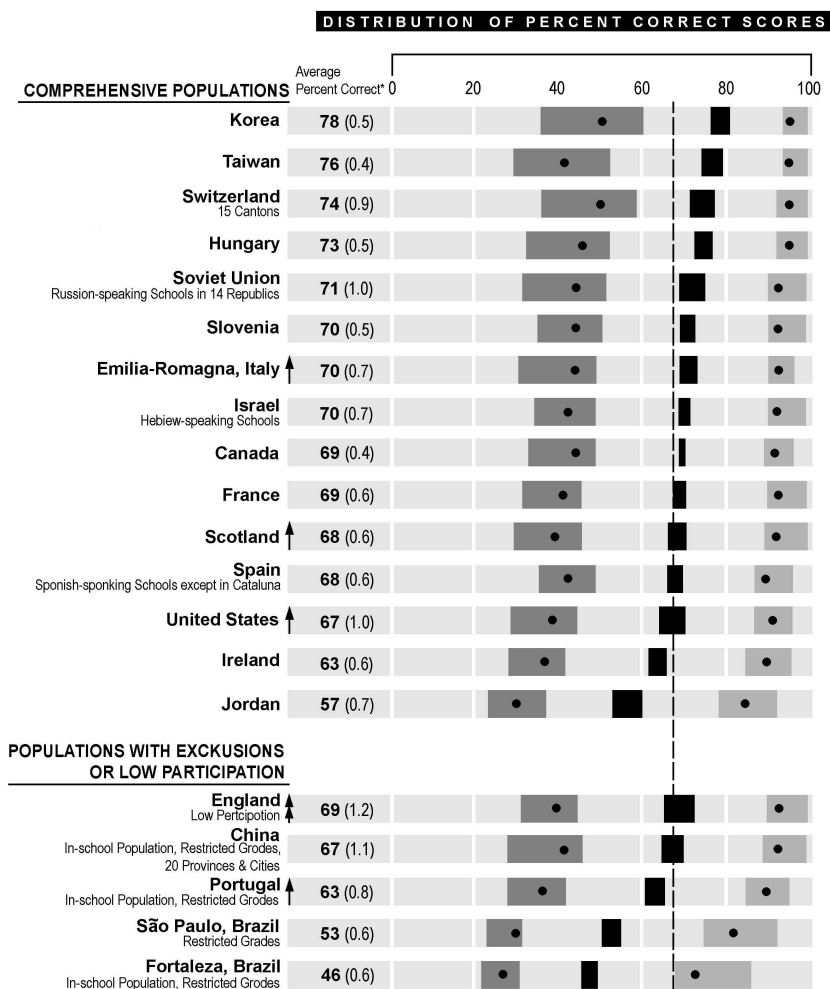


Рис. 2.1

рону результатов образования и выявляют тестовые задания международных исследований по определению сравнительного уровня научной грамотности школьников разных стран.

## 2.2. Недостатки подготовки школьников и пути их устранения

Рассмотрим примеры характерных заданий, которые оказались непосильными для многих наших школьников. В связи с этим

проведем анализ недостатков подготовки учащихся по физике и наметим пути их устранения.

**Задание 1.** На рисунке (рис. 2.2) изображена бегущая девочка. У нее с носа падают очки. В какую точку из обозначенных на рисунке 1, 2, 3 или 4 упадут очки?

На этот вопрос не могут выбрать верный ответ ученики, уверенно чеканящие формулировку закона инерции, приводя примеры явлений, заученные из учебника. Это означает, что формулировка закона выучена не как обобщение результатов исследования реальных явлений, а как «готовое знание». Поэтому школьники не могут идентифицировать, отождествить наблюдаемое явление с изученным законом и предвидеть ход явления.

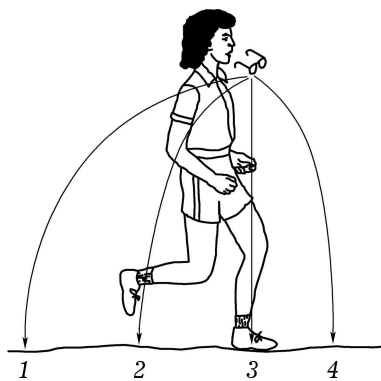


Рис. 2.2

**Задание 2.** Выберите вариант *A*, *B*, *C* или *D* эксперимента для проверки гипотезы о том, большего или меньшего диаметра круглые тела скатываются с наклонной плоскости скорее (рис. 2.3)?

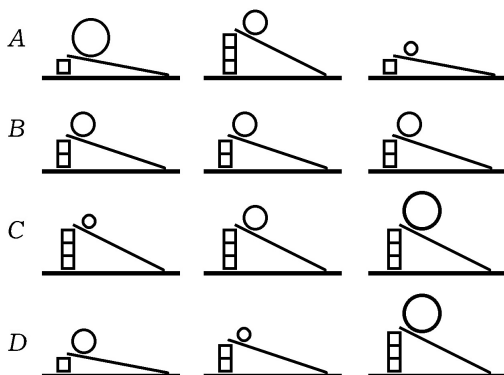


Рис. 2.3

В беседе со многими учащимися выясняется, что они не могут выбрать верный ответ, так как им не приходилось экспериментально проверять никакие гипотезы.

**Задание 3.** На рисунке показана схема параллельного и последовательного включения в цепь трех ламп *X*, *Y*, *Z* (рис. 2.4). Все

лампы одинаковы. Какие из них светятся одинаково ярко? Какую лампу нужно выключить, чтобы другие лампы погасли?

Парадокс состоит в том, что на эти вопросы не могут выбрать верный ответ школьники, которые бойко формулируют закон Ома и могут правильно написать его формулу, а по формуле решить и расчетную задачу на параллельное и последовательное соединение проводников. Очевидно, что все эти «готовые знания» заучены школьниками в отрыве от исследования реальных явлений в виде опытов или лабораторных работ и поэтому остаются формальными, школьники не могут применить их на практике.

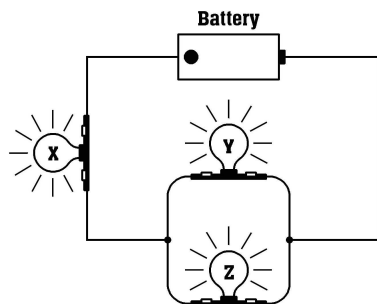


Рис. 2.4

**Задание 4.** Лампочка, соединенная с батареей, загорается. Какое описание происходящего вы считаете наилучшим (рис. 2.5).  
 а) Ток идет к лампе по одному проводу и вызывает свечение нити накала; тот же ток возвращается в батарейку по другому проводу.  
 б) Ток идет к лампе по двум проводам, соединяется в лампе и лампа загорается.  
 в) Ток идет к лампе по одному проводу и вызывает свечение нити накала, меньший по величине ток возвращается в батарейку.  
 г) Токи обоих полюсов батарейки соединяются и идут по одному проводу к лампе, зажигая ее. На эту задачу дано 24% верных ответов.

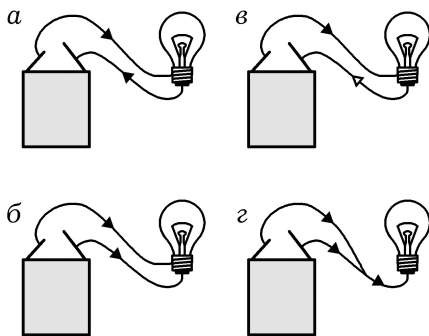


Рис. 2.5

Неспособность школьников выбрать правильный ответ на простой вопрос при умении решать расчетные задачи указывает на то, что эти учащиеся имеют отрывочные знания, которые не

складываются в общую картину о природе электрического тока в электрической цепи. Точно так же обстоит дело с выполнением и других подобных заданий на научную грамотность.

Например, учащиеся, превосходно формулирующие закон всемирного тяготения, не могут правильно ответить на вопрос следующего задания.

**Задание 5.** На какую из ракет (1, 2 или 3), изображенных на рисунке (рис. 2.6), действует сила гравитации?

Неспособность решить такую задачу можно объяснить только тем, что закон всемирного тяготения многими учителями дается не как обобщение фактов, наблюдений и опытов, а как «готовое знание», иллюстрированное несколькими

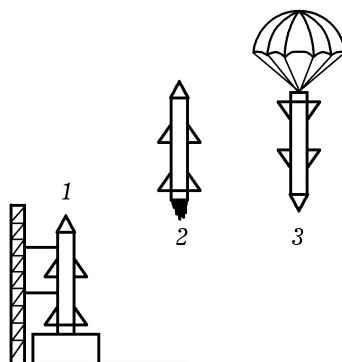


Рис. 2.6

примерами. Сами же школьники не приучены анализировать явления и, в данном случае, не находят все действующие на ракету силы в каждом из трех случаев.

**Задание 6.** На рисунке (рис. 2.7) показаны два одинаковых окна. Левое окно треснуло от удара камня. О соседнее окно ударился теннисный мячик, имеющий ту же массу и скорость, что и камень. Это окно не треснуло. Какова основная причина того, что при ударе камня окно треснуло, а при ударе теннисного мяча нет? (Дано 35 % верных ответов).

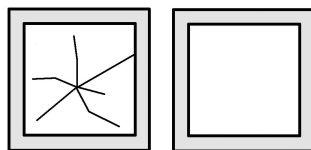


Рис. 2.7

Очевидно, что причина неудовлетворительных ответов на этот вопрос состоит в том, что школьники не умеют анализировать явления и не идентифицируют их с известными им законами физики, в данном случае с «изученным» вторым законом Ньютона.

**Задание 7.** На рисунке (рис. 2.8) изображена вода, которая выливается из бака и вращает колесо. 1. Какой энергией обладает вода, когда она находится в баке? (Дано 39,9 % верных ответов).

2. Какой энергией обладает вода непосредственно перед тем, как она сталкивается с колесом? (Правильных ответов 35,5%) 3. Что можно изменить в этой системе, чтобы колесо вращалось быстрее? Приведите один пример. (Дано 35,5 % верных ответов).

Эта задача оказывается трудной даже для тех наших школьников, которые знают формулы потенциальной и кинетической энергии и успешно решают «стандартные» задачи. Причина здесь методологического характера. Беда в том, что формулировки «стандартных» школьных задач часто говорят не о движении и взаимодействии тел или объектов, а о движении материальных точек. Во многих учебниках так и пишут: «динамика материальной точки». Понятно, что идентифицировать льющуюся из бака воду с кинетической энергией материальной точки школьникам трудно.

Еще более полную картину недостатков обучения естественным предметам дают результаты заданий, требующие ориентироваться в актуальных проблемах естествознания, таких как экологические проблемы, проблемы здорового образа жизни, влияние науки и техники на развитие общества и других, а также умения применять полученные знания в контексте повседневной жизни. Примером служит следующее задание.

**Задание 8.** На графиках (рис. 2.9) показано среднее значение скорости ветра в четырех различных местах на протяжении года. Какой из графиков соответствует наиболее подходящему месту для сооружения генератора, производящего энергию за счет ветра?

Для ответа на этот вопрос нужно совершить два мысленных действия: 1) идентифицировать скорость ветра с мощностью ветрового потока через площадь, ометаемую ветроколесом, и 2) по графику определить, в каком месте один и тот же генератор даст больше энергии. Наиболее подходящей будет та местность, где средняя скорость ветра наибольшая и более постоянна.

В советское время в силу действовавшего принципа политехнизма такие задачи были обыденными, вызывали интерес школьников

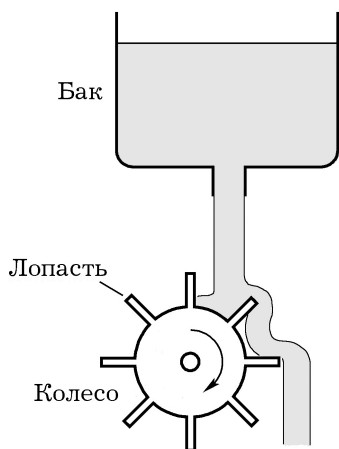


Рис. 2.8

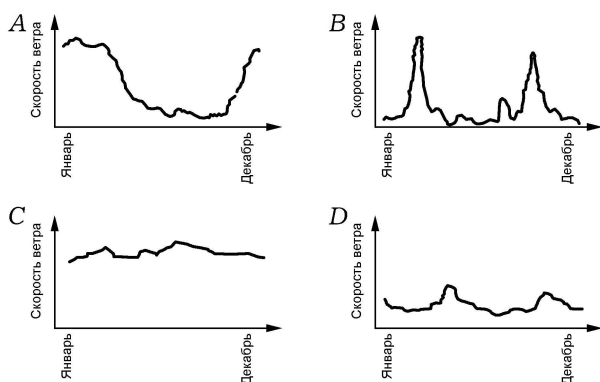


Рис. 2.9

к учебе. Они были стимулом к развитию творческой активности в области экологии, в частности, использования «чистых» и возобновляемых источников энергии.

Все рассмотренные примеры указывают на формализм знаний учащихся, состоящий в отрыве теории от реальных явлений природы и техники. Главной причиной неудач является произошедший разрыв между научными понятиями, научной теорией и их идентификацией при анализе конкретных явлений, наблюдаемых школьниками, демонстрируемых в эксперименте на уроке или описываемых бытовым языком [118].

Неспособность выполнить ряд других заданий говорит о том, что школьники не проделывали самых элементарных лабораторных работ, которые были обязательными в советской школе.

**Задание 9.** Ученик спланировал исследование для того чтобы проверить, при помощи какого из источников тепла можно быстрее

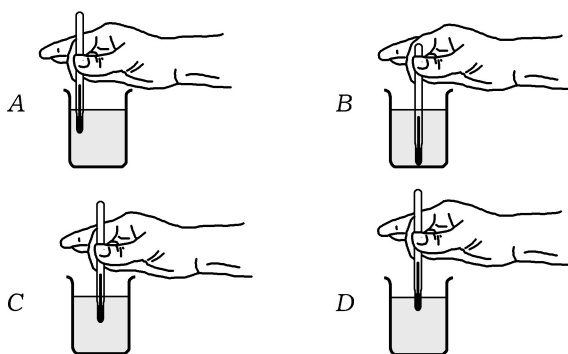


Рис. 2.10

нагреть воду. Он налил по 200 мл воды в два одинаковых сосуда (рис. 2.10) и измерил начальную температуру воды в каждом из сосудов. Как ученику следует расположить термометр, чтобы снять более точные показания во время своего исследования? (Дано 54,6 % верных ответов).

Неспособность учащихся выбрать правильный ответ на поставленный вопрос в данном случае свидетельствует о том, что эту программную работу они никогда не выполняли. Они не представляют себе суть явлений теплопроводности веществ и теплового равновесия.

**Задание 10.** Девочка читает книгу. На каком из рисунков (рис. 2.11) показано правильное направление хода светового луча, позволяющего ей читать книгу? (Дано 52,1 % верных ответов).

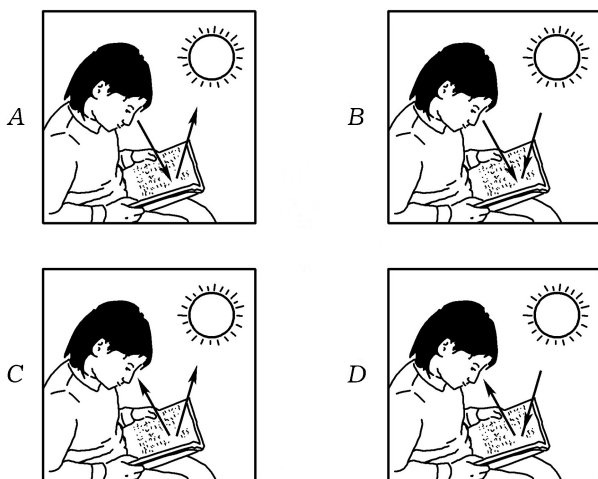


Рис. 2.11

При анализе сложности этого задания на первый взгляд может показаться, что оно, как и другие приведенные примеры заданий, гораздо проще, чем задания ЕГЭ, с которыми наши школьники с успехом справляются, например, на законы отражения и преломления света, на построение изображения в линзе и т. п. Но на самом деле парадокса здесь нет.

Сложность заданий на исследование явлений природы для развития способностей, которое требует ФГОС, состоит в том, что в них обозначается проблема, но нет указания на то, какие научные знания нужно использовать для ее решения. Этому пока в школах учат плохо. Поэтому учащиеся не могут идентифицировать встречающиеся им бытовые, лабораторные или производственные



явления с изученными научными понятиями, законами и теоретическими выводами. Им гораздо легче решить сложную задачу по прямо или косвенно указанной формуле, чем объяснить простое явление, в котором нужно «увидеть», управляющую этим явлением (изученную!) закономерность в виде формулировки закона или принципа, формулы или графика, модели или схемы и др.

Например, если спросить, какой кинетической энергией обладает шарик массой  $m$  и скоростью  $v$ , то большинство учащихся вспомнит нужную формулу. А на вопрос: «Какой энергией обладает вода перед тем, как она сталкивается с колесом?» правильно ответить в состоянии только 35,5 % учащихся. Формализм проявляется и в отрывочности знаний: школьники могут сделать расчеты по формуле закона Ома, но не понимают, за счет какой энергии движутся заряды в электрической цепи. Наши дети лучше решат расчетную задачу по формуле линзы, чем ответят на вопрос о ходе светового луча, дающего возможность читать книгу. Им трудно все, что касается самостоятельных экспериментальных и теоретических исследований окружающих явлений природы и применения научных знаний на практике.

### 2.3. Проблемы при реализации ФГОС

Для устранения формализма в обучении учащихся нужно, прежде всего, знать причины его истоков. Придется обратить внимание на ряд обстоятельств, которые после распада Советского Союза были особенно разрушительными для качества естественнонаучного образования.

**1. Сокращение бюджета времени на изучение основ наук.** Это сокращение произведено без соответствующего тематического сокращения объема программ и учебников. В частности, на физику с астрономией в седьмых–одиннадцатых классах, изучающих физику на базовом уровне, бюджет времени был уменьшен с 16 до 10 недельных часов, т. е. на 30% без адекватного сокращения программы. Было ли это обоснованным, если в нашей нынешней основной школе на изучение физики дается на один недельный час меньше времени, чем в семиклассном коммерческом училище царской России в 1913 году, когда о современном научно–техническом прогрессе, связанном с достижениями физики, и не помышляли?!

Понятно, что при сокращении бюджета времени пострадала, прежде всего, наиболее уязвимая часть естественнонаучного образования: наблюдения явлений, опыты, фронтальные лабораторные работы, практикум, решение задач, а также оказалась разорван-

ной связь науки с проблемами окружающей жизни. В советские времена 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 возросла многократно и выражается в следующих задачах:

- дать учащимся опыт применения экспериментального метода познания, включая опыт самостоятельного проведения эксперимента;
- сформировать умения и навыки работы с приборами, соблюдая правила безопасности;
- сформировать практические умения и навыки применять законы физики на практике;
- способствовать пониманию роли в научном познании наблюдений, гипотез, теоретических выводов и экспериментов;
- сформировать навыки проведения исследования в коллективе.

Сейчас ФГОС ставит более высокие требования. Школьники должны научиться самостоятельно проводить наблюдения и исследовать явления.

Все эти важные задачи решаются в учебном процессе не только благодаря освещению соответствующих вопросов в учебнике и в различных пособиях, но, прежде всего, благодаря формированию необходимого опыта на уроках. Следовательно, должна быть увеличена часть учебного времени для формирования такого рода опыта деятельности. Не случайно в большинстве стран даются рекомендации для учителей по наиболее рациональному распределению учебного времени на различные виды деятельности. В Англии, например, во время реформы школьного образования правительством Маргарет Тетчер были разработаны рекомендации по распределению учебного времени соответственно заданным видам деятельности (табл. 1) [122, с. iii].

Таблица 1

Распределение времени в процентах на виды учебной деятельности в начальной, основной и средней школах Англии [122]

Вид деятельности	С 7 лет	С 11 лет	С 14 лет	С 16 лет
Познавание и понимание	35%	35%	40%	40%
Наблюдения и исследования	50%	50%	30%	25%
Коммуникация	15%	15%	15%	15%
Использование научных данных	—	—	15%	20%

Соответственно формированию опыта деятельности учащихся был разработан состав выпускного экзамена:

- 25% — тест с выбором ответа (45 заданий, 1,5 часа);
- 35% — письменная работа (9 заданий, 2,5 часа);
- 20% — письменная работа (теоретическое исследование и два вопроса, 2 часа);
- 20% — экспериментальное исследование с анализом полученных данных (2,25 часа).

Почти такие же рекомендации были приняты Международным бакалавриатом в Женеве. Не в этом ли суть образования, воспитания и развития учащихся на основе познавательной, исследовательской и творческой деятельности?!

**2. Снижение обеспеченности оборудованием.** Резкое ухудшение оснащенности школ учебным оборудованием началось еще перед распадом Советского Союза. Это подтверждается данными *TIMSS* от 1999 года [127, с.255] об оснащенности процесса обучения естественным наукам в разных странах.

Эти данные основаны на ответах школ на пять вопросов о недостатке условий, которые необходимы для обучения (учебные материалы; школьные здания; территория школы; обогрев, освещение; учебное помещение), и ответах на шесть вопросов о нехватке материальных средств обучения, необходимых для обучения (лабораторное оборудование и материалы; калькуляторы, компьютеры и связь, интернет; библиотеки и аудиовизуальные ресурсы). На диаграмме (рис. 2.12) показан рейтинг стран по проценту школьников средних школ с достаточными ресурсами для обучения естественным наукам. Как видно наша страна оказалась в предпоследней группе.

Заметим, что здесь в 2006–2008 гг. произошел положительный сдвиг. Впервые после реформ 90-х годов прошел этап приоритетного федерального образовательного проекта «Образование». За это время было обновлено оборудование 10% школ России, то есть проблема существует [58].

**3. Пренебрежение учебным физическим экспериментом.** Ослабление внимания к проведению демонстрационных опытов и лабораторных работ учащихся, как и к оснащению школ оборудованием произошло не только по причинам сокращения бюджета времени и недостатков снабжения необходимым оборудованием. Потребность в проведении демонстрационных опытов и лабораторных работ у учителей окончательно пропала с введением ЕГЭ, который сильнее всех программ, учебников и стандартов диктует учителям, школьникам и репетиторам, что «надо», и чего учить и делать на уроках



Рис. 2.12

«не надо» для успешных экзаменов. Зачем проводить учебные исследования, если в ЕГЭ нет не только исследований, но и задания,

требующие идентифицировать теорию с фундаментальными опытами, которые лежат в ее основе, почти отсутствуют? Совершенно очевидно, что без включения в ЕГЭ заданий, соответствующих требованиям ФГОС, эти требования останутся на бумаге.

Профессиональное сообщество хорошо понимало, какие негативные последствия повлечет отмена проверки экспериментальных умений и навыков на экзаменах. Поэтому сразу после начала эксперимента по ЕГЭ Федеральный институт педагогических измерений (ФИПИ) совместно с лабораторией дидактики физики ИСМО РАО спланировал и провел многофакторное исследование по технологии проверки исследовательских и экспериментальных умений учащихся при массовых процедурах типа государственной аттестации [13].

В исследовании ФИПИ (2003–2008 годы), известном в литературе под названием Раменского эксперимента [57], была разработана и проверена технология массовой проверки экспериментальных умений. Было создано и необходимое оборудование «ЕГЭ–лаборатория». Эта лаборатория выпускается серийно и широко используется в школах для физического практикума и проектной деятельности. К сожалению, по финансовым причинам не удастся внедрить экспериментальные задания в структуру контрольных измерительных материалов (КИМ) ЕГЭ. Заметим также, что в этом отношении весьма интересна и полезна разработанная ведущим научным сотрудником ИСМО РАО Г. Г. Никифоровым и серийно выпускаемая так называемая ГИА–лаборатория.

Однако, для выполнения новых требований ФГОС нужно изменение условий обучения физике в целом. Порочность сложившейся ситуации состоит в том, что ЕГЭ, в основе которого выбор правильного ответа на «стандартные» задачи с заданными параметрами, превратился в фетиш. Пособия по подготовке («натаскиванию») к ЕГЭ заполнили прилавки магазинов. Никакие другие пособия не издаются и не востребованы учителями. Пособия, которые служили развитию интереса школьников к науке и развитию творческой активности, перестали быть в центре внимания учителей, и наше школьное образование перестало быть конкурентоспособным. Для его возрождения необходимы условия, при которых будет развиваться познавательная и творческая инициатива самих школьников. Это возможно при корректировке содержания учебного курса с ориентацией на методологию научного познания и с учетом психологии формирования и развития познавательных и творческих способностей учащихся.

## **Глава 3**

### **МЕТОДОЛОГИЯ ФИЗИКИ КАК ИСТОЧНИК СОДЕРЖАНИЯ ШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Известные из истории физической науки факты свидетельствуют, что методологический аспект физики выступает основным инструментом открытий и их применения на практике. Поэтому он должен стать органической частью содержания школьного естественнонаучного образования. Содержание образования должно включать не только сведения о достижениях науки, но и опыт научной познавательной и творческой деятельности, обеспечивающий развитие личности ученика.

#### **3.1. Развитие личности ученика и содержание образования**

Одним из важнейших факторов, определяющих содержание школьного образования, является фактор соответствия задачам экономического и культурного развития страны и ее конкурентоспособности.

Основные положения ФГОС требуют, чтобы современный ученик характеризовался следующим образом:

- «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...» [ 101 ].

Требования ФГОС становления таких личностных характеристик ученика обязывают нас пересмотреть содержание учебного предмета и образовательного процесса. В этом процессе должно быть достигнуто не только понимание и освоение учеником достижений науки, но и приобретен опыт познавательной и творческой деятельности. Это означает, что в содержание школьного образования должны входить не только важнейшие открытия явлений и законов природы,

но и, в большей мере чем сейчас, способы, которыми они были достигнуты, т. е. история развития и методология науки [84].

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, и целью обучения являются не только знания и умения решать задачи по заданным данным, а приобретенный опыт самостоятельной познавательной и творческой деятельности. Поэтому в содержание школьного образования должны входить не только важнейшие открытия явлений и законов природы, но и способы, которыми они были достигнуты, и накопленный опыт научных исследований в историческом развитии науки [69, 84].

При этом особое значение имеют научный метод познания, цикличность развития научного знания, роль фундаментальных открытий в научном познании, методы исследования явлений природы и научная картина мира, а также связанные с ними понятия: фундаментальный опыт, гипотеза, модель явления, теория, теоретический вывод, эксперимент.

### 3.2. Становление метода научного познания

Метод познания современной науки оформился в процессе экспериментальных исследований физических явлений, доступных непосредственному восприятию органами чувств человека.

**1. Научный метод познания в трудах Г. Галилея.** Развитие физики как науки в современном понимании этого слова началось в XVII веке и связано в первую очередь с именем Г. Галилея, который, в отличие от предшественников, считал, что причина явлений может быть иной, отличной от той, которая кажется при непосредственном наблюдении. В качестве инструментов исследования он ввел гипотезу, которая является обобщением наблюдений, и математику для ее полной формализации. Это позволило точно характеризовать явления измерением величин и, развивая гипотезу логическим путем, часто путем тождественных преобразований, 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 [107].



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 все 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 все и в нем все 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» [20, с. 80–81].

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» [20].

Такая историческая справка вполне соответствует принятому в настоящее время определению научного метода познания. В современном словаре Вебстера суть научного метода изложена 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»* [123].

**2. Стратегия научного познания И. Ньютона.** Последователь Г. Галилея И. Ньютон, плодотворно используя научный метод, развил его, увидев в нем не только этапы познания, но и стратегию исследования явлений природы, которую сформулировал следующими словами: «...Вся трудность физики, как будет видно, состоит в том, чтобы по явлениям движения распознать силы природы, а затем по этим силам объяснить остальные явления» [59].



В этих словах И. Ньютона заключены его убежденность в научной познаваемости мира, видение в научном методе тактики научного исследования, состоящей в отыскании причинной зависимости явлений, и стратегическая устремленность к «объяснению и других явлений», т. е. к раскрытию научной картины мира.

Дальнейшим ходом истории развития научных знаний надежды И. Ньютона на способность метода раскрыть движущие силы явлений природы вполне оправдались. Современная физическая картина мира создана обобщениями фундаментальных теорий, которые охватывают и раскрывают законы экспериментально открытых форм движения материи. Со-

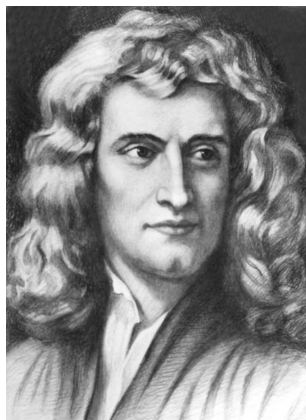


Рис. 3.1

ответственно, 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 [103].

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»!

### **3.3. Развитие научного метода познания А. Эйнштейном**

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 был одним из создателей усовершенствованного метода. Именно ему и ряду других выдающихся ученых удалось решить проблемы, которые были камнем преткновения для развития физики в начале прошлого столетия.

Убежденность в том, что модель явления является вторичной по отношению к изучаемому явлению позволила А. Эйнштейну построить теорию внешнего фотоэффекта, объяснение которого наталки-

валось на логическое противоречие всему до тех пор известному о свойствах света. Удача А. Эйнштейна состояла в том, что он не оказался в плену логики гипотезы, которая была доказана экспериментально для оптических явлений по распространению света. Он догадался, 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», фотолуминесценции, 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» [109, с. 92–93].

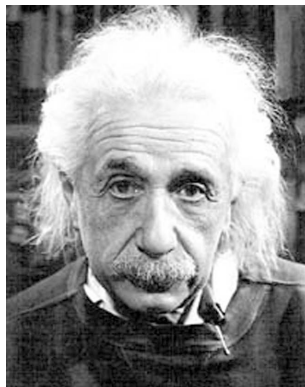


Рис. 3.2

На эту мысль А. Эйнштейна навела квантовая гипотеза М. Планка. Позднее он сам 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» [109, с. 15].

Историей последующих экспериментальных исследований теория А. Эйнштейна была полностью обоснована. И этот научный подвиг стал наглядной коррективой научного метода, показавшей ограниченность всякой модели по отношению к свойствам материального мира.

*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 подтверждает история науки, новый экспериментальный факт, логически не укладывающийся в данную теорию, противоречащий данной теории, служит основанием для выдвижения новой гипотезы, а 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 настоящего 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» [62].

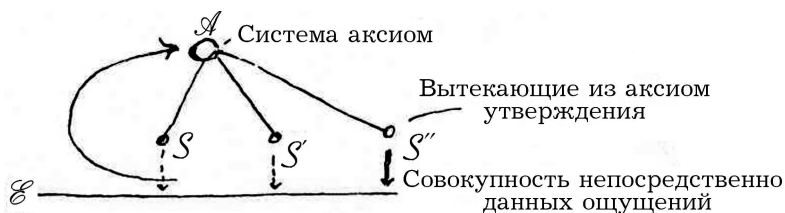


Рис. 3.3

*В-третьих*, стало ясно, что в процессе познания переходы от чувственного 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 [109].

*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» [109].

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...» [64].

Об этом же писал 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...» [1].

Л. 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 индукцией, рискованным, но истинно творческим методом» [12].

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

А. Эйнштейн о науке: «...Но прежде чем человечество созрело для науки, охватывающей действительность, необходимо было другое фундаментальное достижение, которое не было достоянием философии до Кеплера и Галилея. Чисто логическое мышление не могло принести нам никакого знания эмпирического мира. Все познание реальности исходит из опыта и возвращается к нему. Положения, полученные при помощи чисто логических средств, при сравнении с действительностью оказываются совершенно пустыми. Именно потому, что Галилей сознавал это, и особенно потому, что он внушал эту истину ученым, он является отцом современной физики и, фактически, современного естествознания вообще» («О методе теоретической физики», с. 182).

### 3.4. Эмпирические открытия как источники теорий

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

«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, это 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 Фарадеом 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» [16, с. 261–262].

Далее П. Л. Капица рассуждает о том, как экспериментальное открытие приводит к развитию теории и в конечном счете к культурному прогрессу.

«Что типично для всех прежних 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 позволяют 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» [ 16, с. 262–263 ].

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. Таким образом, научное знание систематизируется в различных хранилищах научной информации: в научных трудах, учебниках, справочниках и т. д.

### 3.5. Методы теоретических исследований

Согласно С. И. Вавилову основными методами теоретических исследований в физике в зависимости от вида гипотезы являются: метод принципов, метод математических гипотез и метод модельных гипотез [ 4 ].

**1. Метод принципов.** В естествознании принцип (от латинского *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 про-



должает 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 в физике, из которых в применении к конкретным физическим задачам делаются логические выводы, играют ту же роль, что и аксиомы в геометрии. Наряду с аксиоматическими принципами существуют принципы дополненности, соответствия, неопределенности, которые не только определили успехи современной физики, но и повлияли на развитие философской мысли, на развитие мировоззрения человечества.

**2. Метод математических гипотез.** 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.

Таким образом, метод математических гипотез состоит в экспериментальном установлении зависимости между физическими величинами в виде формулы и в предположении, что эта формула выражает общую взаимосвязь сходных явлений. Математические гипотезы, проверенные опытом и подтвержденные многовековой практикой, из гипотез перешли в разряд законов природы. В учебных исследованиях школьники на отдельных опытах устанавливают функциональные зависимости величин, характеризующих те или иные явления, и убеждаются в справедливости физических законов.

**3. Метод модельных гипотез.** Суть метода модельных гипотез состоит в замене изучаемого объекта его упрощенной моделью (модель — от лат. *modulus* — образец). Моделирование 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 нередко 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.

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

Обобщенное представление о строении и движении материи, основанное на фундаментальных достижениях науки и дающее объяснение явлений окружающего мира, называется физической картиной мира.

### 3.6. Значение методологии физики

Методология физики определяет развитие науки, формирует мировоззрение, создает научную картину мира и поэтому представляет собой общекультурную ценность.

**1. Развитие научного знания. Опыт и теория.** Анализ истории развития науки говорит о том, что в отношении опыта и теории дело обстоит по-разному. Наиболее устойчивыми в физической науке являются установленные на опыте факты, величины, закономерности и законы. Модели и теории не так устойчивы и неизменны. 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, относящийся к плаванию тел. Эти законы справедливы по сей день, они широко используются в теории и на практике.

За это же время сменилось множество различных моделей физических явлений и описывающих их теорий. В частности, 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 наиболее 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 отскокиванием 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 Дж. Максвелла была установлена электромагнитная природа световых волн.

Но и эта модель света оказалась ограниченной в применении. На основе электромагнитной теории не удалось объяснить особенности распределения энергии по длинам волн в излучении абсолютно черного тела. Не удалось также объяснить экспериментально установленные законы внешнего 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 особен-

ностью происходящей научно–технической революции: промежутки времени от момента научного открытия до его эффективного внедрения в производство резко сократились 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.

**2. Мировоззрение и физическая картина мира.** Обобщенное представление о строении и движении материи, основанное на фундаментальных достижениях науки и дающее объяснение явлений окружающего мира, называется физической картиной мира.

В своем историческом развитии физическая картина мира 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 неразрывно связанное с ними физическое поле существенно для описания и объяснения электромагнитных явлений. Оказалось, что электромагнитное взаимодействие 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.

**3. Общекультурная ценность методологии физики.** Анализ методологического аспекта физики в ее историческом развитии показывает его громадную общекультурную ценность, большой воспитательный, образовательный и развивающий потенциал. Обучение физике должно формировать ценностное отношение не только к научным открытиям, но и к методу научного познания, методам исследования, к методологии науки, которые способствуют развитию интереса школьников к науке, воспитывают устремления 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 в содержании образования должны служить ориентировочной основой самостоятельной познавательной деятельности и дать возможность для развития познавательных и творческих способностей личности школьника. Попытку реализовать эти идеи авторы сделали, создав учебники для основной общей [88–90] и средней (полной) общей школы [91–94].

## **Глава 4**

### **НАУЧНЫЙ МЕТОД ПОЗНАНИЯ И ЕГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ**

Теоретическая концепция познания в науке имеет глубокий педагогический смысл для обучения в школе. Она включает в себя ряд факторов, которые заставляют пересматривать содержание и методы школьного обучения естествознанию. В историческом плане цикл научного познания составляет целую эпоху, а в обучении он часто раскрывается на одном или нескольких уроках. Иногда последовательность этапов в изложении курса вынужденно прерывается. В таких случаях на неразрывную последовательность этих этапов должен указывать учитель. Это необходимо для понимания эвристической силы метода в показе раскрытия загадок природы, в предвидении хода явлений и в практическом их использовании.

Представление о цикле научного познания помогает учителю в выборе оптимальных методов обучения на каждом этапе. В частности, очевидна роль проблемного обучения при переходе от обобщения некоторой суммы фактов к гипотезе–аксиоме для последующего ее развития и вывода логических следствий, т.е. формирования навыков теоретического предвидения. Проблемное обучение необходимо также при поиске путей практического применения теоретических знаний. В этой главе кратко рассмотрены психологические и педагогические основы применения научного метода познания в образовании [69, 70].

#### **4.1. Научный метод познания как источник мотивации**

Научный метод познания, предполагающий раскрытие загадочности изучаемого явления, является мощным источником устойчивой мотивации учения для школьников. С самого начала и до конца изучения каждой темы учебного предмета ее содержание может быть представлено как захватывающий детектив со счастливой развязкой. Не случайно суть дедуктивного метода Шерлока Холмса, описанного королем детективного романа Артуром Конан Дойлем, в общих чертах совпадает с научным методом.

Интерес как мотив — это наиболее доступное учителю средство для организации познавательного процесса учащихся на уроке. Обычно на уроке для этого служит наблюдение в опыте неожиданного явления, которое надо объяснить или предвидеть его развитие. Что произойдет, если...? И это не только сиюминутный интерес. Он становится устойчивым, поскольку догадки основываются на имеющихся и приобретаемых знаниях.

Учебные исследования, предполагающие выполнение физического эксперимента, представляют собой деятельность, которая не дает непосредственно ощутимых практических результатов, и к тому же, просто не выгодна школьникам. Поэтому мотивация такой деятельности фактически совпадает с мотивацией научной работы.

Интересны мысли Эйнштейна по поводу мотивов научной деятельности [109, с. 39–41]. Он делит всех научных работников на три категории: 1) тех, кто «занимается наукой с гордым чувством своего интеллектуального превосходства; для них наука является тем подходящим спортом, который должен им дать полноту жизни и удовлетворение честолюбия»; 2) тех, кто занимается наукой «только в утилитарных целях»; 3) тех, кто испытывает любовь к науке: «Душевное состояние, способствующее такому труду, подобно религиозности или влюбленности: ежедневное старание проистекает не из какого-то намерения или программы, а из непосредственной потребности».

Эйнштейн отмечает, что первые две категории исследователей построили «значительную, возможно даже наибольшую часть науки». «Этих людей удовлетворяет, собственно говоря, любая арена человеческой деятельности: станут ли они инженерами, офицерами, коммерсантами или учеными — это зависит от внешних обстоятельств». Но без людей третьей категории наука не может существовать вообще.

Проектная деятельность в области учебной физики должна способствовать формированию всех трех категорий мотивации, причем преобладать должно воспитание любви к науке, поскольку именно это чувство, в конечном итоге, присутствует во всех трех типах мотивов, но, очевидно, в разной степени.

Учащийся, выполнивший исследование и получивший ожидаемый или неожиданный результат, должен испытывать чувство восторга, которое, будучи многократно повторенным, формирует устойчивое желание ощутить его вновь и вновь, а это и есть любовь в ее чистом проявлении.

Исследовательский проект, кроме того, должен будить чувство превосходства собственного интеллекта над интеллектом того, кто

подобного проекта не выполнил, кто не смог решить актуальную проблему и получить нужный результат.

Наконец, выполненное учебное исследование должно давать ощущение полезно сделанной работы: учащийся узнает новое, приобретает нужные ему умения, видит практическое использование на уроке полученных им результатов, получает одобрение товарищей и поощрение учителя.

## 4.2. Эмоциональный компонент научного познания

Литература о психологии научного и художественного творчества полна примерами бурного проявления эмоций в момент «озарения» ученых, изобретателей и художников. Это же состояние школьников наблюдают учителя, когда неожиданно приходит догадка при решении трудной задачи.

Эмоции включают множество характеристик общего биологического характера, но они имеют, по крайней мере, три отличия: 1) они вызываются скорее внешними стимулами, чем телесными потребностями; 2) они зависят от ситуаций, имеющих индивидуальное (личное) значение; 3) они возникают в проблемных ситуациях, когда нет шаблонного решения [114].

Эмоции могут рассматриваться как мотив, который направляет наше внимание и поведение на объекты или на людей, которые нас окружают. Комплекс психических изменений — вот что ясно отличает эмоции от других психических процессов. Эмоция радости, связанная с творческим успехом, часто может быть мотивом учения. Этот фактор давно известен опытным учителям, и они широко им пользуются, когда предоставляется такая возможность. Построение учебного процесса на основе научного метода познания позволяет регулярно создавать условия для эмоций радости школьников в моменты познания и творчества и, таким образом, влиять на их положительное отношение к учебе.

Учащийся, приступающий в рамках учебного исследования к самостоятельной постановке физического эксперимента, встречает психологический барьер, без преодоления которого опыт невозможно поставить. Если самооценка учащегося занижена, то он сомневается в том, что опыт у него получится. Учащийся с завышенной самооценкой, напротив, убежден, что все у него получится без труда. Неудача при первоначальной постановке опыта, которая почти неизбежна и для того, и для другого типа учащегося, приводит к разочарованию и росту указанного психологического барьера.

Поэтому многочисленные описания физических опытов с нечетко и неоднозначно сформулированными условиями наносят огром-

ный вред учащимся, у большого количества их вызывая негативные эмоции отторжения от физического эксперимента. Отсюда следует, что какие бы цели ни преследовались описанием учебного физического опыта, один из вариантов этого опыта должен быть строго и полностью описан. Иными словами, должна быть дана однозначная рецептура материалов, оборудования, порядка действий, то есть *условий* опыта, обязательно приводящая именно к тому *результату*, который предусматривается в описании.

В таком случае школьник всегда может, точно повторив условия, воспроизвести явление и, следовательно, убедиться, что он правильно воспринимает информацию, правильно действует, правильно мыслит. Тем самым психологический барьер будет преодолен.

Многократное преодоление подобных барьеров формирует положительные эмоции, связанные с исследовательской деятельностью. У учащихся возникает обоснованное чувство уверенности в своих силах, которое позволяет оценивать достоверность информации не только рецептурного, но и многозначного характера. Поэтому целесообразно наряду с рецептурным предлагать вариативный компонент описания. Однако следует иметь в виду, что его отсутствие не снижает исследовательского потенциала учебного опыта: получив нужный результат в соответствии со строгим описанием эксперимента, учащийся неизбежно станет изменять его условия, а значит, получит по крайней мере субъективно новые результаты, не содержащиеся в исходной информации.

Специально проведенные исследования показывают, что наиболее эффективны не общепринятые инструкции, а описания, составленные в свободной форме постановки и решения разноуровневых проблем. При этом каждый параграф учебного руководства посвящается одному или небольшой серии опытов. Параграфы состоят из трех частей. В первой сообщается необходимая информация и в явном или слегка завуалированном виде формулируется задание. Делается это для того, чтобы читатель мог приостановиться, попытаться осознать и самостоятельно решить поставленную проблему, а затем сравнить полученные результаты с имеющимися во второй части параграфа вариантом выполнения задания. Третья часть предназначена для самостоятельной проработки и содержит сформулированные задания и перечень литературы. По такому принципу составлены книги [21–30].



### 4.3. Научный метод как ориентировочная основа действий

Научный метод является исторически сложившейся *системой представлений человека о цели, плане и средствах осуществления предстоящего или выполняемого действия*. Описание пути научного познания почти совпадает с известной философской формулировкой диалектического пути познания истины: «от живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике...».

Научное знание развивается циклически. Этапы научного метода познания образуют повторяющийся замкнутый цикл: 1) результаты наблюдений порождают проблему, побуждающую найти причину явления и объяснить его; 2) интуитивно выдвигаемая гипотеза, как догадка, дает предположительное решение проблемы; 3) логические выводы из гипотезы обосновывают теоретические предвидения; 4) выводы теории проверяются экспериментально; они либо подтверждаются результатом эксперимента и используются на практике, либо не подтверждаются опытом и становятся источником проблемы в начале нового цикла.

Цикл научного познания проходят и школьники, когда учитель проводит занятия *эвристическим методом*. Поэтому важно прежде всего выяснить, какие именно экспериментальные открытия новых явлений в истории развития науки послужили началом разработки новой научной теории.

На этот вопрос ответил П. Л. Капица в своей статье «Будущее науки» (см. с. 49–51), называя главные открытия в физике за последние 150 лет. К ним он относит открытие Гальвани электрического тока в 1789 г., открытие Эрстедом влияния электрического тока на магнитную стрелку в 1820 г., открытие Герцем внешнего фотоэффекта в 1887 г., выполненный в том же 1887 г. эксперимент Майкельсона и Морли, открытие Беккерелем в 1896 г. радиоактивности, обнаружение Томсоном в 1897 г. электрона, открытие Гессом космических лучей в 1919 г., открытие Мейтнер и Ганом в 1939 г. деления урана.

П. Л. Капица определение «главные открытия» мотивирует тем признаком, что эти открытия не могли быть сделаны на основе существовавших тогда теоретических концепций, т.е. логически не вытекали из теории и послужили толчком для ее пересмотра [16, с. 261–262].

Кроме плана познавательных действий эта система содержит и предполагаемый результат — экспериментальное подтверждение догадки или логических следствий из нее. *Овладение научным методом познания способствует формированию и саморазвитию*

*личности школьника*, поскольку этот метод открывает широкие возможности для предоставления учащимся самостоятельности, независимости и свободы в процессе познания. Включая в себя ясную последовательность этапов познания и способов действия, он позволяет школьникам самостоятельно мыслить и действовать.

Владея методом познания, ученик ощущает себя равным в правах с учителем на научные суждения. Это способствует раскованности и развитию познавательной инициативы, без которой не может идти речи о полноценном процессе формирования личности. Осознание способа преодоления пути от незнания к знанию превращает пассивный учебный процесс в *активную, мотивированную, волевою, целеустремленную познавательную деятельность*. Овладение учащимися знаниями на основе метода научного познания делает для них процесс обучения осмысленным, происходящим как бы по личной инициативе каждого и поэтому комфортным, делает ученика уверенным в своих силах. Реализация личностного обучения на основе метода познания повышает качество образования.

Таким образом, научный метод познания является ориентировочной основой самостоятельных познавательных действий учащихся. Практика показывает, что в результате обучения на основе научного метода познания естественно и эффективно формируется система *универсальных* умений и навыков:

1. *Исследовать* свойства объектов и закономерности явлений.
2. *Измерять величины*, использовать измерительные приборы.
3. *Управлять переменными величинами*. Проводить исследование так, чтобы все переменные были неизменными за исключением двух, между которыми может быть функциональная зависимость.
4. *Интерпретировать экспериментальные и теоретические данные*; раскрывать значение и смысл количественных данных и результатов наблюдений.
5. *Делать заключения* на основе достигнутых результатов исследований, систематизации и классификации наблюдений.
6. *Выдвигать модельные и математические гипотезы*, которые могут быть экспериментально проверены.
7. *Делать теоретические выводы* на основе законов и полученных эмпирических данных.
8. *Выполнять коммуникационные действия*: добывать, фиксировать, оформлять и передавать информацию, используя различные средства (вербальные, наглядные, символические, графические и др.).

#### 4.4. Чувственный опыт — начальная ступень научного познания

Адекватное восприятие объектов и явлений природы — это их целостное отражение в контексте определенных ситуаций и событий, возникающее *при непосредственном* воздействии физических раздражителей на рецепторы *органов чувств*. Это первый, начальный этап научного познания явления, когда при взаимодействии с ним происходит преобразование структуры внешней *предметной действительности* школьника во внутренний план его сознания в форме понятий, графиков, формул и т. д.

Таким образом, осознанный переход *от перцептивного восприятия* изучаемых явлений в первой сигнальной системе к *их мысленному отражению* в образной, понятийной или знаковой форме во второй сигнальной системе является необходимым условием для их разграничения и идентификации в дальнейшей мыслительной деятельности.

Непосредственное восприятие изучаемых явлений следует отличать от получения опосредованной информации об этих явлениях. В случае, когда практический путь от непосредственного восприятия к получению формулировки понятия или формулы не пройден, учащимся приходится заучивать эти формулировки и формулы, часто не понимая их смысла. Отсюда вытекает важное дидактическое следствие: *адекватное восприятие впервые изучаемого явления не может быть заменено восприятием наглядных «заменителей» изучаемого явления в виде рисунков, фотографий, компьютерных анимаций и т. п.*

Такая подмена приводит к восприятию заменителей, а не самого изучаемого явления. С этим мы и сталкиваемся, когда обнаруживаем, что знания школьников «формальны», когда учащиеся, например, могут определить длину волны по изображению на картинке, но не могут распознать, идентифицировать ее в явлениях природы, т. е. о сущности изучаемого явления или предмета представления не имеют. Для предотвращения формального усвоения знаний необходимо обеспечивать не только непосредственное восприятие демонстраций изучаемых явлений, но и тренировку в творческих переходах от живого восприятия явлений к гипотезам. Здесь как нельзя лучше подходит проблемный метод обучения.

#### 4.5. Логическое и интуитивное в научном познании

Исторический опыт развития научного знания, так или иначе, отражается в разработке содержания образования. При этом для

понимания изучаемого материала учащимся важно знать, каким путем это знание было получено.

В частности, надо показывать, что в цикле познания переход от чувственного восприятия явлений к гипотезе — *это интуитивный акт творчества*, поскольку *никакого логического пути*, ведущего от непосредственных данных нашего чувственного опыта к гипотезе, не существует. Существует лишь *интуитивная (психологическая) связь*, которая постоянно «возобновляется». Иными словами, выдвижение гипотезы — это *инсайт, акт интуитивной творческой догадки*. «Интуиция (от лат. *intueri* — пристально, внимательно смотреть) — знание, возникающее без осознания путей и условий его получения, в силу чего субъект имеет его как результат «непосредственного усмотрения». Интуиция трактуется и как специфическая способность (например, художественная или научная интуиция), и как «целостное охватывание» условий *проблемной ситуации*, и как *механизм творческой деятельности*» [63, с. 149].

Точно так же переход от логических выводов из гипотезы к их экспериментальной проверке — тоже акт творчества, т.к. *«отношение понятий, содержащихся в логических выводах из гипотезы, к непосредственным данным чувственного опыта по своей природе нелогично»*. Таким образом, научный метод познания предполагает необходимость развития интуитивного мышления наряду с логическим мышлением. Между тем следует признать, что в современной теории и практике обучения это далеко не так. В подавляющем большинстве учебников авторы обходят стороной эту проблему.

Существующую ситуацию в школьном преподавании физики ярко обрисовал 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» [100, с. 8–9].

Следовательно, в содержании наших школьных программ и учебников часто не используются даже минимальные возможности для развития инновационных и творческих способностей учащихся. Однако становится очевидным, что, обучая школьников научному методу познания и организуя процесс познания на основе

научного метода, мы обязаны создавать условия для развития их творческих способностей.

#### **4.6. Проверка и границы применимости теоретического знания**

Заключительным шагом в научном познании является экспериментальная проверка теоретического предвидения.

Эта ступень является возвратным переходом от моделей к реальным конкретным явлениям природы. Так же как и переход от восприятия явлений к гипотезе, этот шаг является творческим, результатом интуиции и догадки. Таким образом, научный метод исследования включает в себя два творческих перехода: от наблюдения и восприятия явлений и объектов природы к абстрактной гипотезе и от теоретических выводов к изобретению и конструированию нужного конкретного материального воплощения и действия. Эти возможности изучаемых наук необходимо полностью использовать для развития творческой активности учащихся во внеклассной и внешкольной работе.

Естествознание, в силу возможности экспериментальной проверки и доказательности научных гипотез и выводов, принято считать *парадигмой современного познания*.

Для естествознания и для гуманитарной сферы весьма важным является вопрос об *области и границах применимости теоретического знания*. Наше столетие можно назвать веком триумфа естественных наук и одновременно веком глобальных катастроф. С одной стороны, открытие ядерной энергии, а с другой — экологические катастрофы. С одной стороны, невиданный расцвет информатики, дающей безграничные возможности для роста культуры и просвещения, а с другой — разрушительный рост преступности, наркомании и других общественных пороков.

Настал период, когда, прежде чем решать проблему, *нужно уметь идентифицировать знания*, которые требуются для ее решения. Соответственно, идентификации знаний науки должны применяться комплексно. Следовательно, уже мало давать школьникам научные знания, нужно научить анализировать жизненные проблемные ситуации, идентифицировать комплекс необходимых научных знаний и определять условия, в которых они применимы на пользу человеку и обществу. Школьники должны быть подготовлены к пониманию и решению таких комплексных проблем, как экология, здравоохранение, питание, физическая культура, коммунальное хозяйство, строительство, производство энергии и т. п. При этом всегда нужно помнить об ограниченности всякой гипотезы.

Забвение модельного, условного, ограниченного узкопредметного характера научного и художественного знания всегда приводило к катастрофам личного или общественного плана.

#### **4.7. Гуманитарная значимость научных знаний**

Научный метод познания необходим не только в естественно-научном, но и в гуманитарном образовании, поскольку является одним из основных компонентов воспитания требуемых современным ФГОС качеств личности учащихся [70].

**1. Образовательная и воспитательная ценность научных знаний.** Главная образовательная и воспитательная ценность научных знаний заключается в их объяснительной, предсказательной и творческой функциях. Однако способности к использованию этих функций могут развиваться только на основе понимания органической взаимосвязи явлений природы и техники с теорией, их отражающей. В результате понимания этих взаимосвязей формируется способность к идентификации наблюдаемых явлений окружающей природы с научными понятиями, законами, теориями и, наоборот, способность видеть в изученных понятиях, законах, теориях проявления конкретных наблюдаемых явлений. Понимая эту связь, образованный человек может объяснять познанные явления природы, ставить задачи исследования непознанных явлений, а также использовать научные знания для создания новой техники и разработки соответствующей технологии. Неоценим вклад науки в предвидение вредных последствий стихийного развития производства, в создание безотходного производства и возобновляемых источников энергии.

Большой образовательный потенциал физики заключается в воспитании здорового образа жизни и сохранении здоровья людей. Физика лежит в основе биомеханики, в основе спорта, в основе медицинской аппаратуры и техники, в основе медицинских исследований. Понятно, что в условиях дефицита учебного времени привычным путем расширения описательного текста учебника идти нельзя. Проблему нужно решать на основе разработки соответствующих видов учебной деятельности с целью развития учебных, познавательных и творческих способностей учащихся.

**2. Научный метод познания как общекультурное достояние.** История научных открытий показывает, что современный научный метод познания — культурное достояние не только естествознания, он универсален, закономерности процесса научного познания везде одинаковы, хотя осуществление полной процедуры этого процесса

в разных науках зависит от их особенностей. В общественных науках модели познаваемых объектов очень сложны, а научные выводы экспериментально трудно проверяемы, но метод познания тот же самый. Таким образом, обучение школьников на основе сознательного применения научного метода познания повышает качество учебного процесса в принципе. В частности, оно способствует приобретению учащимися таких важных для обучения любому предмету качеств, как:

- понимание различия степени достоверности различных категорий научной информации: фактов, гипотез, законов и принципов, моделей, теоретических выводов и результатов эксперимента;
- представление о модельном отражении действительности в научном познании;
- способность к практической интерпретации теоретических выводов;
- способность к переводу научной информации из одной формы в другую (семантическая, образная, знаковая);
- навык мыслить моделями, оперируя ими, теоретически объяснять, предвидеть, предсказывать;
- способность отличить научное знание от непроверенной информации;
- понимание соотношения между знанием и истиной.

А это и есть тот важный гуманитарный результат образования, который необходим человеку для жизни в век информатизации. Знание научного метода, понимание ценности научного знания и степени его достоверности формируется на уроках естественно-научных предметов, и в особенности физики. Другие предметы такими возможностями не располагают. Гуманитарный потенциал предметов естествознания, их культурное значение в содержании общего образования ничем не заменимы.

Изложенная концепция разрабатывалась и экспериментально проверялась авторами на протяжении многих лет в лаборатории физического образования ИСМО РАО. Основные результаты исследований опубликованы в монографиях [80–83] и журнальных статьях [61, 65–79, 85–87].

На основе данной концепции авторским коллективом разработан учебник под девизом «Физика в самостоятельных исследованиях ученика» [88–94]. Опыт работы учителей по этому учебнику обобщен авторами в статье «Технология развития способностей школьников самостоятельно учиться, мыслить и действовать» [96]. Методические аспекты обучения физике изложены в книге «Физика в школе. Научный метод познания и обучение» [84].

## **Глава 5**

### **ФГОС И НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАЗОВАНИЯ**

Рассмотрена новая технология естественнонаучного образования, обеспечивающая реализацию требований ФГОС в современной школе. В основе предлагаемой технологии обучения лежит самостоятельная учебная деятельность школьников, организуемая учителем в соответствии с циклом научного познания.

#### **5.1. Обновление содержания и структуры образования**

Для того, чтобы решить главную задачу ФГОС — развитие познавательных и творческих способностей, авторским коллективом лаборатории физики ИСМО РАО было решено значительную часть описательного текста учебника физики переработать в систему познавательных исследований, которые учащиеся могут самостоятельно выполнять на уроках. Таких заданий в наших учебниках в седьмом классе — 33, в восьмом классе — 70, в девятом классе — 58. Надо еще учесть, что в наших учебниках приводятся 60 заданий, которые предназначены для выполнения в домашних условиях. (Это в примерно в 5 раз больше, чем предлагалось в старых программах и учебниках!)

Опыт показывает, что особый интерес школьников проявляется тогда, когда в тексте учебника дается история открытий, и когда они, выдвигая гипотезу, «переоткрывают» установленный ученым закон или проверяют его в эксперименте.

Поскольку эти задания даются в замену описательному тексту, то они не увеличивают объем учебника и не создают дополнительного дефицита времени. Дефицит даже снижается благодаря тому, что учитель получает больше возможностей для оценивания учебной работы школьника и тем самым «учит учиться на уроке»!

Реализация предлагаемой образовательной технологии обеспечена авторским коллективом монографиями [ 84 ], учебниками [ 88–94 ], методическими пособиями для учителей, а также многочисленными публикациями в журналах «Физика в школе», «Педагогика» [ 69, 96 ] и др.

Суть предлагаемой технологии состоит в следующем. Для того, чтобы ученик в процессе обучения мог самостоятельно мыслить и



творчески действовать, он должен знать, что делать и как это делать. Для этого с самого начала изучения курса физики в седьмом классе мы знакомим его с научным методом познания, создание которого связывают с именем Г. Галилея. Этот метод включает в себя следующие этапы: 1) чувственный опыт и постановка проблемы; 2) выдвижение гипотезы–аксиомы; 3) математическое развитие гипотезы, логический вывод из нее следствий; 4) экспериментальная проверка гипотезы и ее следствий.

Эксперимент в методе познания выполняет центральную роль: с него начинается исследование и им оно заканчивается.

Для понимания сути научного метода в свете современных достижений науки важными являются схема А. Эйнштейна и описание метода в его изложении. Он показал, что все этапы процесса познания неразрывно связаны и что при переходах от одного этапа к другому роль логики и интуиции различна. При переходе от осознания проблемы к выдвижению гипотезы главная роль принадлежит интуитивной догадке. При выводе из гипотезы теоретических следствий важна строгая логика. А для постановки проверочного эксперимента опять требуется интуиция, догадка о том, как при помощи имеющихся приборов можно проверить теоретический вывод.

Для развития науки новый экспериментальный факт важнее действующей теории. Это подтверждается, в частности, историей создания классической электродинамики, специальной теории относительности и квантовой теории, основы которых в настоящее время изучаются в школе.

В учебных целях схему А. Эйнштейна можно представить в виде цикла научного познания: факты из наблюдений — гипотеза (аксиома) — следствия (предвидение) — экспериментальная проверка [70]. В выводах из гипотезы в модельной или знаковой форме мы находим объяснения еще непознанных явлений, а также предвидение новых явлений. В этом состоит мощь научного познания, которое ведет к прогрессу во всех областях человеческой культуры, к пониманию смысла человеческого бытия.

Упражнения на овладение научным методом в учительской практике известны как «Эвристический метод изучения физического закона» или как «Исследование незнакомого явления». Эти упражнения выполняются по схеме цикла научного познания. Выражаясь языком французского психолога Т. Рибо, схема цикла научного познания — это схема субъективного «переоткрытия» школьником того, что было открыто в историческом развитии науки. Поэтому этот цикл (метод познания!) удобно использовать (по П. Я. Гальперину) как ориентировочную основу познавательных

действий школьника. Особенно полезна схема цикла познания при изучении законов и принципов науки, а также при обобщении изученного материала, когда краткое, сжатое обобщение проливает свет на множество, казалось бы, разрозненных физических явлений и процессов.

Завершающий этап цикла научного познания имеет громадную воспитательную ценность. Он раскрывает главную особенность научного знания — его экспериментальную проверяемость и прогнозирующую, предсказательную силу. Благодаря этой особенности научные открытия получают международное, интернациональное признание. (Заметим, что только достижения естественных наук получают такой высокий статус международного доверия!). Научные понятия, их определения, единицы измерения физических величин интернациональны. Они обсуждаются и утверждаются на международных конгрессах. Не случайно ученые разных стран более других профессий связаны друг с другом и нередко выражают общую солидарность по оценке тех или иных международных событий, независимо от места проживания. В этом смысле воспитательный потенциал естественных наук неисчерпаем. Благодаря применению научных достижений человечеством созданы материальные основы современной цивилизации, и все перспективы наиболее интенсивного развития экономики, производства и культуры связываются с развитием науки.

Наконец, очень важно то, что цикл научного познания, усвоенный учащимися, способствует становлению их самостоятельного научного мышления, а также развитию их познавательных и творческих способностей.

## **5.2. Методика реализации технологии обучения**

При разработке содержания, методики организации и системы учебных исследований школьников нужно учесть, что в обучении, как и в науке, сначала происходит накопление экспериментальных фактов, на основе их обобщения формируется гипотеза, логические выводы из которой проверяются экспериментально. Поэтому изучение каждой темы, по возможности, следует начинать с упражнений на исследование свойств явлений, затем обращаться к исследованиям с выдвижением гипотез о причинной связи явлений, получением следствий из гипотез и их экспериментальной проверкой, а уже от них переходить к исследовательским проектам.

Понятно, что, изучая явления, учащиеся не проходят все этапы познания на одном уроке. Но каждый раз они осознают, на каком этапе познания они находятся и какой шаг нужно сделать

следующим. Это открывает им путь для самостоятельных поисков и размышлений.

Кроме общего метода познания, школьники овладевают методами исследования, экспериментальными и теоретическими, которые используются на этапах познания. В частности, экспериментальное исследование зависимости величин, характеризующих явление, проводится по известной учащимся и повторяющейся процедуре: делается ряд измерений, данные систематизируются в таблице, по данным строится график и находится формула функциональной зависимости.

Благодаря известному методу научного познания и методам исследования явлений учащиеся получают, во-первых, осведомленность о происхождении научных знаний и их отличии от обычной информации, во-вторых, представление о необходимой последовательности познавательных действий, ведущих от незнания к знанию. Усиливается роль процедур организации мыслительной деятельности учащихся, выраженных в таких методологических понятиях, как научный факт, проблема, гипотеза, модель, следствие, эксперимент [17, 18, 97].



Рис. 5.1

При проведении занятий эвристическим методом изменяется функция учителя. Владение школьниками методом познания позво-

ляет учителю организовывать их самостоятельную познавательную деятельность. Эта деятельность на уроках имеет форму самостоятельных экспериментальных и теоретических исследований, которые органически вписываются в логику процесса познания, являясь его этапами. Выполнение такого исследования ведет ученика от незнания к знанию не со страниц учебника и не со слов учителя, а в результате собственного исследования, доставляя ему ощущение собственного открытия и громадное удовлетворение.

Теперь, чтобы перейти к конкретным рекомендациям, нужно выяснить, как с самого начала обучения дать школьникам представление о научном методе познания закономерной связи явлений природы. Для этого лучше всего использовать исторические сведения о становлении и развитии научного метода. Покажем, как мы используем новую технологию в авторском учебнике (рис. 5.1).

### 5.3. Знакомство с научным методом познания

Схематически покажем вариант ознакомления учащихся с научным методом в седьмом классе, основываясь на материале темы «Давление в жидкостях и газах».

1. Источником научных знаний о явлениях природы служат наблюдения, но основанные на них предположения — *гипотезы* о причинной связи явлений не всегда бывают правильными. Современные научные знания и представления об окружающем мире складывались и развивались на протяжении истории человечества. Наиболее полное представление древних людей о строении мира и явлениях природы до нас дошло в сохранившихся трактатах древнегреческого ученого Аристотеля (рис. 5.2), жившего в 384–322 гг. до н. э. Один из его трактатов называется «Физика» (гр. *physike* < *phisis* — природа). Отсюда и произошло название физики как *науки о наиболее общих закономерностях явлений природы, свойствах и строении материи, о законах ее движения*.

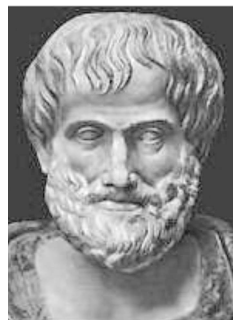


Рис. 5.2

Взгляды Аристотеля формировались на основе наблюдений, и в этом была их сила. Очень многие достижения древних ученых, основанные на наблюдениях и экспериментах, подтверждаются современной наукой, получили широкое применение на практике и послужили развитию цивилизации. Например, открытые в

древности законы равновесия тел с осью вращения, плавания находящихся в жидкости предметов, отражения света известны школьникам из курса «Естествознание». Эти законы послужили созданием различных механизмов и машин, развитию корабельного флота, обеспечили условия для географических открытий, для экономических и культурных связей человечества, способствовали развитию производства, экономики и культуры человечества.

Однако многие другие представления древних ученых не подтвердились практикой. Недостаток их исследований был в том, что отбор наблюдаемых явлений для их систематизации и объяснения был нередко искусственным. В частности, астрономические явления делились на *наземные* и *небесные*. Такое логическое противоречие заметил великий польский ученый Н. Коперник в представлении древних ученых о *геоцентрической системе мира*. Наблюдаемое петлеобразное движение планет в такой системе логически было неестественно и труднообъяснимо. Предположив, что Земля вместе с другими «небесными» планетами обращается вокруг Солнца и вращается вокруг своей оси, и что в результате этого вращение небесной сферы вокруг Земли является кажущимся, Н. Коперник устранил это противоречие [8, с. 41]. Предложенная им *гипотеза о гелиоцентрической системе мира* нашла свое подтверждение всеми последующими открытиями о Вселенной.

**2. Г. Галилей как автор научных открытий и как основатель научного метода познания.** Начало, становление и бурное развитие современной физики в истории науки связываются с именем итальянского ученого Галилео Галилея (1564–1642).

Г. Галилей (рис. 5.3), как и его предшественники, в своих исследованиях тоже исходил из фактов, полученных в результате наблюдений. Однако он был убежден в том, что не всякий факт раскрывает истину, как она кажется. Из наблюдаемых фактов он отбирал те, которые отражали суть явления и не вступали в противоречие. Свои заключения он делал на основе системы множества фактов из наблюдений, которые не противоречили друг другу.

В частности, он подверг сомнению утверждение Аристотеля, что «все тяжелые тела падают скорее, чем менее тяжелые». Он усмотрел в этом утверждении логическое противоречие. Из утверждения Аристотеля логически вытекало, что, если тяжелое тело соединить с легким, то оно будет падать медленнее. Но такое утверждение

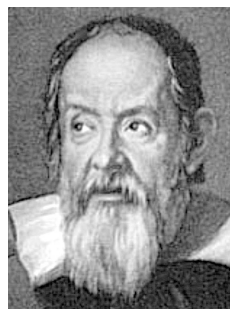


Рис. 5.3

противоречит другому выводу: если сложить два тела вместе, то получится тело еще тяжелее, оно должно падать быстрее. Следовательно, утверждение Аристотеля нелогично и противоречиво.

Г.Галилей выдвинул обоснованное предположение, *гипотезу* о том, что в отсутствие сопротивления воздуха все тела падают одинаково. Эту гипотезу Г.Галилей проверил экспериментально в городе Пизе, бросая одновременно ядра различного веса с наклонной башни (рис. 5.4). По звуку было понятно, что брошенные с башни шары, падали на Землю одновременно. Стало ясно, что причиной наблюдаемых явлений неодинакового падения тел является не их вес, а сопротивление воздуха.

Теперь в этом можно убедиться в школе, проведя эксперимент с вакуумной трубкой, из которой выкачан воздух (рис. 5.5). В ней свинцовый шарик, бумажка и перышко падают одновременно.

Сочетая строгий отбор достоверных фактов из наблюдений, с выдвижением обоснованных гипотез о закономерной связи наблюдаемых явлений, с логическими выводами из гипотез, а также и с экспериментальной проверкой этих выводов, Г.Галилей сделал ряд открытий. Он установил закон инерции, законы свободного падения, движения тела по наклонной плоскости, а также закон движения тела, брошенного под углом к горизонту, открыл закон сложения движений и закон постоянства периода колебаний маятника. (Все эти законы учащиеся будут изучать в дальнейшем).

**3. Научный метод познания.** В исследованиях Г.Галилея замечается одна и та же последовательность действий, *научный метод* [20], а именно: 1) на основе исследования явлений и систематизации полученных данных формулируется *проблема* о причинах этих явлений; 2) первоначальное решение поставленной проблемы возникает как *догадка* — *гипотеза*, которая должна быть логически непротиворечивой; 3) из гипотезы делаются *логические выводы* — *предвидения других явлений*; 4) теоретические предвидения *проверяются экспериментально*.

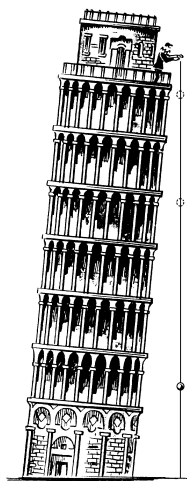


Рис. 5.4

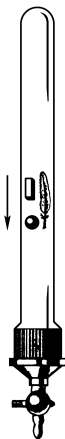


Рис. 5.5

Осознанное применение научного метода послужило ускорению развития науки. Это легче всего показать на истории научных открытий в области аэростатики и гидростатики, на явлениях, которые уже известны учащимся из пройденного курса естествознания в шестом классе.

Здесь важно заметить не только определенную связанную последовательность — цикла познавательных действий, но и особенность переходов от одного этапа к другому. Переход 1–2 ведет от анализа конкретных опытов к их теоретическому осмыслению в форме гипотезы. Переход 2–3 состоит в логическом развитии гипотезы и выводе теоретических следствий. Переход 3–4 требует догадки, как экспериментально, на каких конкретно приборах можно проверить теоретическое предвидение? Для наглядности научный метод познания полезно изобразить в виде следующей схемы (рис. 5.6). Главное назначение этого цикла — обеспечение понимания неразрывной связи составляющих ее элементов научного знания: явлений, понятий, величин, символов и формул, которые характеризуют эти явления. Сплошные стрелки указывают на неразрывную связь теории и опыта, гипотезы и следующих из нее логических выводов.

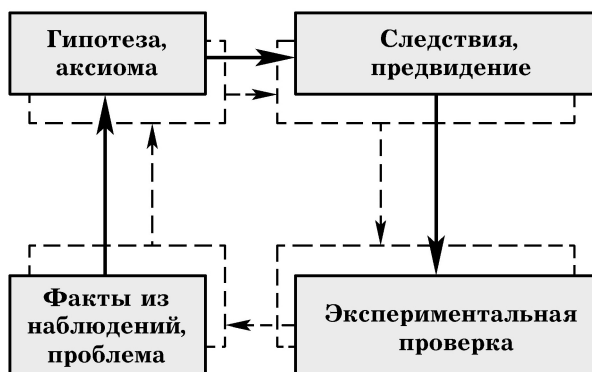


Рис. 5.6

Штриховые линии указывают на то, что эксперименты, подтверждающие гипотезу, становятся для нее обоснованными фактами, а противоречащие ей — служат основанием для нового цикла познания. Отсутствие осознания и осмысления этой связи препятствует развитию способности школьников идентифицировать наблюдаемые явления и необходимые для объяснения этих явлений понятия и законы физики. Схема А. Эйнштейна чрезвычайно полезна для понимания эвристической силы теоретического знания [80].



4. Научный метод и открытие существования атмосферного давления. Почти до середины XVII века люди не знали о существовании атмосферного давления, хотя с глубокой древности использовали «всасывающие» насосы. Их действие объяснялось по Аристотелю тем, что «природа боится пустоты», якобы поэтому при выкачивании из трубы воздуха пустота заполняется водой.

Ученик Г. Галилея, *Эванджелиста Торричелли* (1608–1647) — итальянский физик и математик (рис. 5.7) опроверг такое объяснение. Он обратил внимание на то, что поршневые насосы не могут поднять воду выше 10,3 метров. Ученому это показалось странным. В последовательности его дальнейших познавательных действий виден научный метод.

1. Возникла *проблема*: почему поршневой насос поднимает воду на высоту только 10,3 м?!

2. Э. Торричелли выдвинул *гипотезу* о том, что не «боязнь пустоты», а сила атмосферного давления вталкивает воду вслед за поршнем в образовавшуюся пустоту (рис. 5.8).

3. Из этой гипотезы вытекает *следствие* — *предвидение*, состоящее в том, что в вертикальной вакуумной трубке атмосферное давление воздуха будет удерживать столбик ртути, высота которого окажется во столько раз меньше, во сколько плотность ртути больше плотности воды, т. е. в 13,6 раза.

4. Выполненный Э. Торричелли *эксперимент* полностью подтвердил теоретический вывод. Исследование ученый провел на установке, изображенной на рис. 5.9. Трубка слева, запаянная на одном конце, наполнялась ртутью и, прикрытая пальцем, опускалась в чашку *D*, заполненную ртутью (рис. 5.9).

Казалось бы, что из-за «боязни пустоты» ртуть совсем не должна выливаться из трубки. Однако часть ртути выливалась в чашку, и уровень ртути в трубке устанавливался на отметке *B*. При измерении высоты столбика ртути в трубке оказалось, что он равен

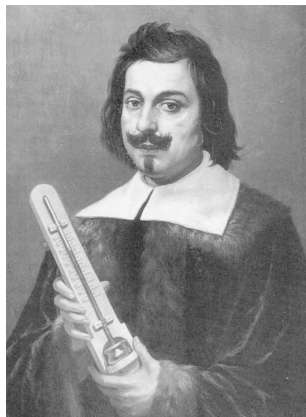


Рис. 5.7

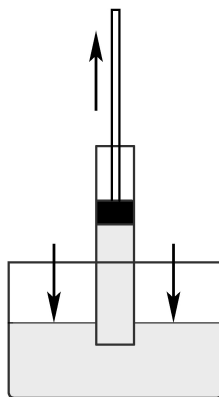


Рис. 5.8



760 мм, т. е. ровно в 13,6 раз ниже, чем столб воды, который может поднять всасывающий насос. Ровно во столько же раз плотность ртути больше плотности воды.

На основании результатов этого опыта Э. Торричелли предположил, что не «боязнь пустоты» удерживает жидкость в трубке на этой отметке, а сила атмосферного давления воздуха, который, как и все тела на Земле создают силу давления вследствие силы земного тяготения.

Для проверки своей догадки Э. Торричелли одновременно провел опыт с другой трубкой, заканчивающейся колбой *E* (на рис. 5.9 она справа). Поверхность ртути в ней *A* установилась на том же уровне *B*, что и в трубке слева, хотя по объему «боязнь пустоты» в ней должна бы быть больше и поэтому уровень ртути должен был быть выше. Впоследствии было установлено, что атмосферное давление у подножия горы больше, чем на вершине. Это явление подобно тому, как давление воды связано с глубиной погружения.

Так была подтверждена выдвинутая гипотеза: остающийся в вакуумной трубке столб ртути уравнивает наружное атмосферное давление.

Это давление можно вычислить:  $p = F/S$ , где  $F$  — сила тяжести, действующая на столб жидкости;  $F = V\rho g$ , где  $V$  — объем столба жидкости, который равен  $V = Sh$ , где  $S$  — его площадь,  $h$  — высота,  $\rho$  — плотность жидкости. Следовательно,  $p = Sh\rho g/S = \rho gh$ .

По формуле давления  $p = \rho gh$  легко установить соотношение между единицами измерения 1 мм рт. ст. и 1 Па (паскаль), подставив в формулу численные значения входящих в нее величин:  $1 \text{ мм рт. ст.} = 13600 \text{ кг/м}^3 \times 9,8 \text{ Н/кг} \times 0,001 \text{ м} = 1333,3 \text{ Па}$ . Следовательно, нормальное атмосферное давление 760 мм рт. ст. приблизительно равно 101300 Па.

Таким образом, Э. Торричелли не только открыл существование атмо-

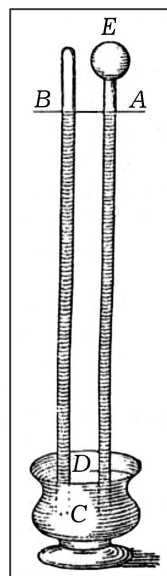


Рис. 5.9

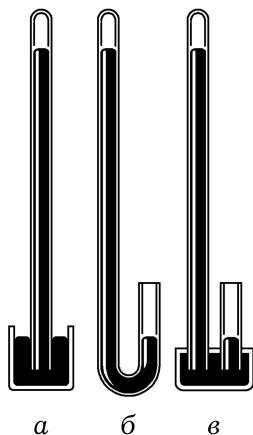


Рис. 5.10

сферного давления, но и стал автором изобретения ртутного барометра (рис. 5.10). Благодаря этому прибору впоследствии было установлено, что атмосферное давление у подножья горы больше, чем на вершине. Это явление подобно тому, как давление воды связано с глубиной погружения.

Этапы научного исследования, приведшего к открытию атмосферного давления и последующему использованию его на практике, образуют цикл научного познания, схематически показанный на (рис. 5.11).

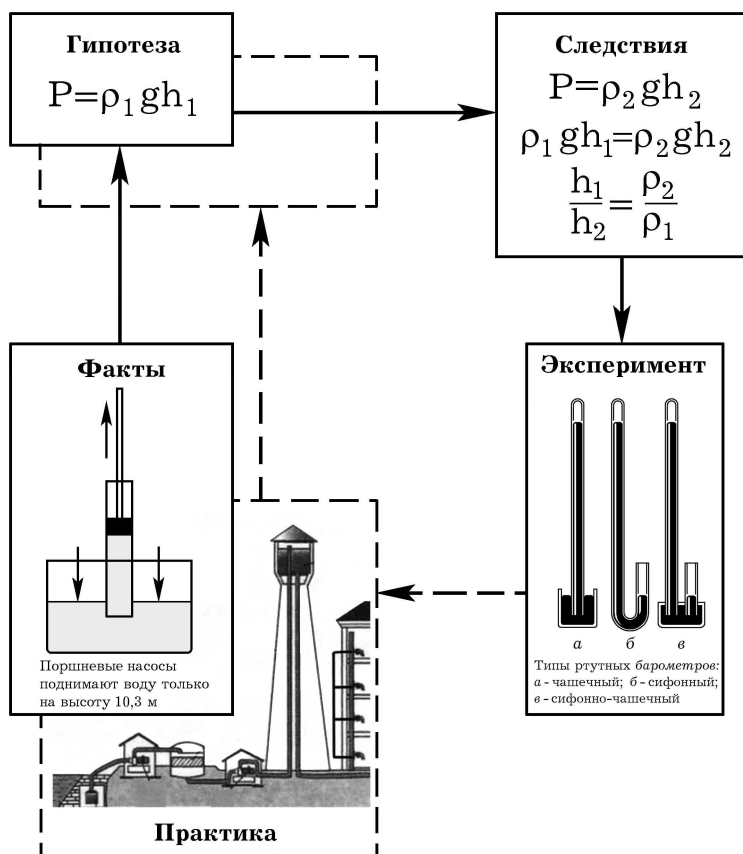


Рис. 5.11

### Вопросы учащимся

1. Какой наблюдаемый факт, известный пользователям всасывающих насосов, побудил Э. Торричелли заняться выяснением причины «самопроизвольного» заполнения вакуумных сосудов жидко-

стью или газом? Какую проблему он увидел? И какую гипотезу о причине заполнения пустоты жидкостью он выдвинул?

2. Опишите, как проводил экспериментальную проверку своей гипотезы Э. Торричелли с трубкой и ртутью?

3. Какое сходство в результате своего эксперимента обнаружил ученый между явлениями во всасывающих водяных насосах и в вакуумной трубке с ртутью?

4. Какое соотношение оказалось между высотами столбов воды и ртути и плотностями этих жидкостей?

5. Какая гипотеза возникла у Э. Торричелли на основе опытов, и как он ее экспериментально проверил, используя одновременно две разные трубки (рис. 5.9)?

6. Какие дальнейшие экспериментальные факты стали доказательством существования атмосферного давления и возможности его измерения?

7. На рис. 5.12 показана схема бытового насоса для подъема воды из колодца. Насос состоит из цилиндра, внутри которого дуга 1 соединяет шток с поршнем 2. При движении поршня вниз открывается верхний клапан 3 и закрывается клапан 4 внизу цилиндра. При этом вода, находящаяся под поршнем, оказывается поверх него. При движении поршня вверх клапан 4 открывается, а клапан 3 закрывается, и вода через трубу 5 поступает в цилиндр и одновременно часть воды, которая находится над поршнем, выливается через кран 6. Дайте объяснение этому явлению, которое было до открытия атмосферного давления, а потом другое объяснение на основе открытия Э. Торричелли.

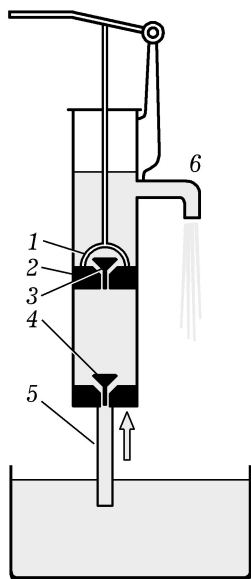


Рис. 5.12

5. **Задания на понимание, объяснение, теоретическое предвидение явления природы и экспериментальную проверку теоретических выводов.**

*Исследование 1.* Опытным путем убедитесь в существовании атмосферного давления.

*Вариант выполнения исследования.* Налейте в стакан доверху воды и накройте его листом бумаги. Не убирая руку с листа, переверните стакан вверх дном над раковиной (рис. 5.13). Уберите

руку и покажите родителям, что бумага не отпадает и вода не выливается, объясните причину этого явления.



Рис. 5.13

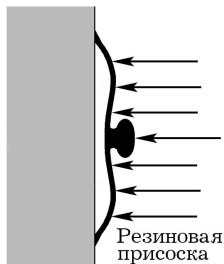


Рис. 5.14



Рис. 5.15

**Исследование 2.** Возьмите бытовую присоску (рис. 5.14). Смочите ее края водой, прижмите к гладкой кафельной стенке и отпустите руку. Объясните наблюдаемое явление. Почему присоска держится на стене и не падает?

**Исследование 3.** Рассмотрите медицинскую пипетку (рис. 5.15). Наберите в нее воду и выпустите ее. Объясните, как действует пипетка? Каково назначение резинового колпачка? Какая сила заставляет воду подниматься в трубку? Почему при разжатом колпачке вода не выливается из пипетки? Какая сила заставляет воду выливаться из пипетки при сжатии колпачка?

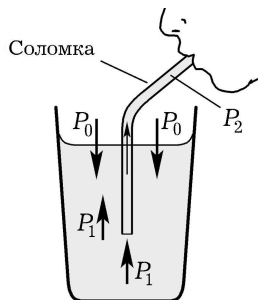


Рис. 5.16

**Исследование 4.** Попробуйте пить воду из стакана через соломку (рис. 5.16). Объясните, как при помощи соломки мы пьем воду из стакана? Какая сила заставляет воду подниматься из стакана вверх? Почему мы пьем небольшими порциями?

**Исследование 5.** Закройте пальцем отверстие шприца и попытайтесь вытянуть из цилиндра поршень. Какая сила препятствует этому?

**Исследование 6.** На рис. 5.17 показан один из опытов О.Герике. Вычислите приблизительно вес гирь, которые разъединят полусферы Герике при нормальном атмосферном давлении, если предположить, что диаметр сферы равен 0,8 м.

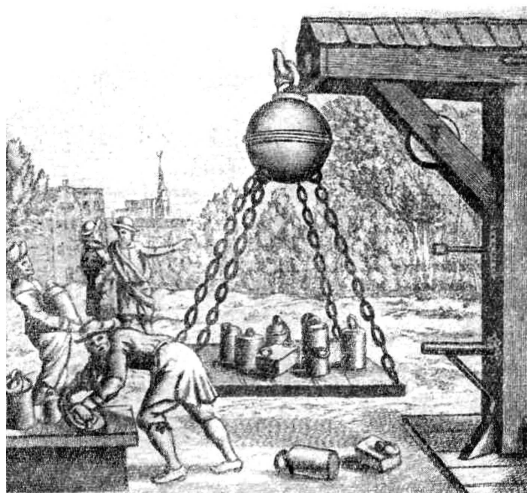


Рис. 5.17

*Исследование 7.* Опыт с «Магдебургскими тарелками» (рис. 5.18). Сложите тарелки и откачайте из них воздух. Снимите показание манометра и рассчитайте силу атмосферного давления, которая их сжимает. Под наблюдением учителя проверьте ваш расчет экспериментально.

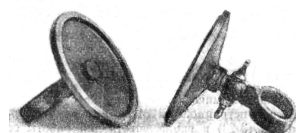


Рис. 5.18

**6. Передача давления в жидкостях. Закон Б. Паскаля. (Экспериментальный метод исследования).** Исследованиями атмосферного давления заинтересовался французский ученый Блез Паскаль (рис. 5.19). Он провел исследования, пытаясь решить проблему, от чего зависит давление в жидкостях? Зависит ли давление однородной жидкости на дно сосуда от его объема и формы? Попробуем и мы решить эту проблему путем теоретического и экспериментального исследования.



Рис. 5.19

На рис. 5.20 представлены три сосуда разной формы, разного объема, но с одинаковой площадью приставного дна.

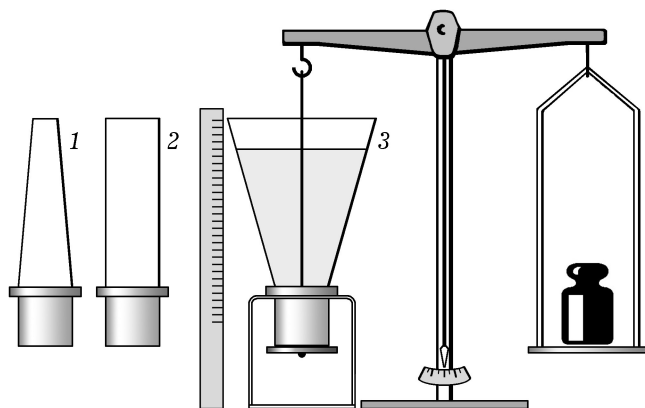


Рис. 5.20

*Вопрос:* Каким будет давление на дно в сосудах, одинаковым или различным, при наполнении водой до одного уровня? Ответ можно получить теоретически для второго сосуда, сделав расчет по формуле:  $p = P/S$ , где  $P$  — вес воды, а  $S$  — площадь дна сосуда. Вес воды равен произведению объема  $V$ , плотности жидкости  $\rho$  и ускорения свободного падения  $g$ :  $p = V\rho g/S$ . Поскольку объем воды в первом сосуде равен  $V = hS$ , то давление на дно сосуда равно  $p = P/S = \rho ghS/S = \rho gh$ . Что же касается сосудов 2 и 3, то по опытам с твердыми телами можно предположить, что давление воды на дно сосуда 2 должно быть меньше, а на дно сосуд 3 должно быть больше, чем в сосуде 1, так как вес воды в сосудах разный.

Схема установки для экспериментальной проверки гипотезы изображена на рис. 5.20. Если приставное дно прижать натянутой пружиной динамометра к стенкам каждого из сосудов с одинаковой силой и наполнять водой сосуды, закрепив их в штативе, то, к удивлению, дно будет отставать от стенок сосуда при достижении уровня воды, одинаковой высоты во всех трех сосудах т. е. при одинаковой силе давления:  $F = \rho ghS$  и, следовательно, при одинаковом давлении:  $p = \rho gh$ , т. е. гипотеза *не подтвердилась*! В данном

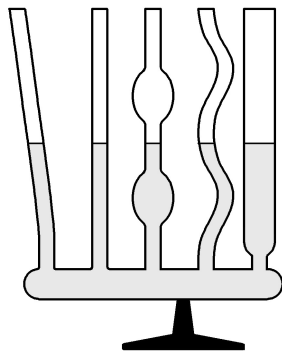


Рис. 5.21

опыте оказалось, что давление однородной жидкости на дно сосуда зависит только от глубины  $h$  и от плотности жидкости  $\rho$ .

То, что давление в однородной жидкости зависит только от глубины погружения, подтверждает опыт с сообщающимися сосудами (рис. 5.21). Если в одну из трубок этого прибора наливать воду, то уровень воды во всех трубках будет все время на одной и той же горизонтали, т.е. возрастающее давление будет передаваться во все трубки одинаково. При этом малый вес жидкости в тонких трубках будет уравнивать больший вес воды в толстых трубках. Этот неожиданный результат эксперимента (парадокс!) впервые обнаружил и объяснил французский ученый Б. Паскаль. Он пришел к догадке — гипотезе, что давление твердых тела на опору и жидкостей на дно сосуда передается по-разному.

Твердые тела, подобно пружине (рис. 5.22) передают давление в направлении действия силы, а жидкости, вследствие текучести, передают давление по всем направлениям одинаково (рис. 5.23). Получившая подтверждение эта гипотеза вошла в науку как *закон Паскаля: давление, производимое на жидкость или газ, находящиеся в замкнутом сосуде, передается по всем направлениям одинаково*.

Свою идею Б. Паскаль изложил в «Трактате о равновесии жидкостей», дав объяснение опыта, который лег в основу нового механизма — гидравлического пресса.

«Если сосуд (рис. 5.24), наполненный водой и закрытый со всех сторон, имеет два отверстия, одно во сто раз больше другого, которые прикрыты точно пригнанными к ним поршнями, то один человек, надавливающий на малый поршень, уравнивает силу ста человек, надавливающих на поршень, в сто раз больший, и преодолет силу девяносто девяти человек: И каково бы ни было отношение этих отверстий, всегда, когда силы, приложенные к поршням, относятся друг к другу, как отверстия, силы эти будут в равновесии» [8, с. 81].

Выясним, как преобразуется сила давления в гидравлических механизмах. Сила  $F_1$  (рис. 5.25), приложена к поршню, площадь

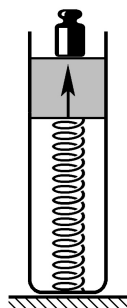


Рис. 5.22

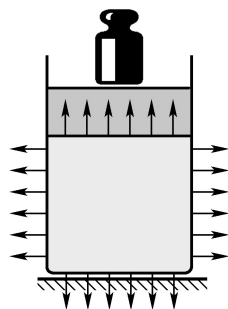


Рис. 5.23

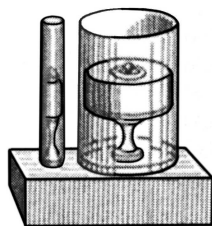


Рис. 5.24

которого  $S_1$ . Возникающее при этом давление  $p = F_1/S_1$  передается в соответствии с законом Паскаля без изменения в каждую точку жидкости. Следовательно, на большой поршень площадью  $S_2$  действует сила, равная  $F = pS_2$ , направленная вверх. Чтобы сохранить равновесие, к нему надо приложить внешнюю силу  $F_2$ , равную силе  $F$ , направленную вниз. Это означает, что с помощью такого механизма можно малой силой  $F_1$ , создающей в жидкости давление  $p$ , уравновесить большую силу  $F_2$ , действующую на то или иное тело.

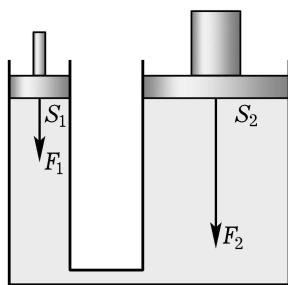


Рис. 5.25

Если не учитывать трение, то равенство давлений в большом и малом цилиндрах позволяет записать уравнение:  $F_1/S_1 = F_2/S_2$  или  $F_2/F_1 = S_2/S_1$  т. е. для гидравлических механизмов выполняется следующее правило: во сколько раз площадь поперечного сечения одного поршня

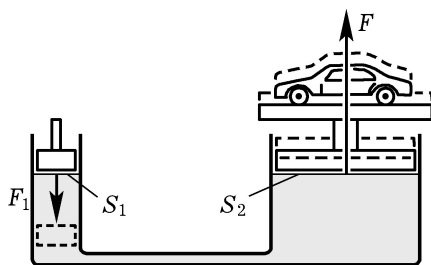


Рис. 5.26

больше площади поперечного сечения другого поршня, во столько же раз модуль силы, действующей на большой поршень, больше модуля силы, действующей на малый поршень. Это правило получило широкое применение в технике и технологии производства: в подъемниках для автомобилей (рис. 5.26), в гидравлических прессах, в гидравлических тормозных устройствах и т. п. [88, с. 80].

Открытие закона природы имеет огромное значение для науки и практики. Законы обладают силой предвидения. Благодаря знанию законов люди могут понимать и объяснять происходящие явления природы, а также использовать их в быту и на производстве. Покажем это на примере, следуя четырем этапам научного метода: наблюдения, гипотеза, теоретический расчет и его экспериментальная проверка.

**7. Выталкивающая сила, действующая на тела, погруженные в жидкость в открытых сосудах. Закон Архимеда и его применение. (Объяснение явления на основе научного метода).**

1. В повседневном жизненном опыте каждый ощущал выталкивающую силу, возникающую при погружении тел в воду. Бла-



годаря выталкивающей силе многие тела, животные, люди, суда плавают по поверхности воды. Рыбы, земноводные, аквалангисты и подводные корабли плавают под водой. А многие тела тонут. Есть даже поговорка: «тонет как топор!» Но даже, если тело тонет, то действующую на него выталкивающую силу можно заметить, погружая в воду груз на крючке динамометра (рис. 5.27). Возникают вопросы, на которые надо ответить. Почему при погружении тела в жидкость возникает выталкивающая сила? И как ее вычислить?

2. Зная закон Паскаля, причину возникновения выталкивающей силы в жидкостях можно объяснить путем теоретических рассуждений. Предположим, что погруженное в жидкость тело, высотой  $h$  и площадью основания  $S$ , имеет форму параллелепипеда (рис. 5.28). (Такое рассуждение можно применить к телу любой формы, мысленно разбив его на сложенные вместе сколь угодно мелкие параллелепипеды). По закону Паскаля силы давления сбоку со всех сторон одинаковы и взаимно уравниваются, а силы давления на верхнее и нижнее основания  $F_1$  и  $F_2$  различны, поскольку находятся на разной глубине.

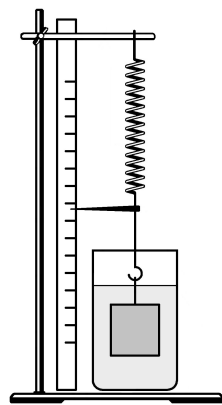


Рис. 5.27

3. Отсюда ясно, что выталкивающая сила равна разности сил давления  $F_1 = \rho g h_1 S$  и  $F_2 = \rho g h_2 S$  на нижнее и верхнее основания параллелепипеда:  $F_{\text{выт}} = F_2 - F_1 = \rho g S(h_2 - h_1) = \rho g V$ , где  $V$  — объем вытесненной телом жидкости. Отсюда следует, что  $F_{\text{выт}} = \rho g V = m_{\text{ж}} g = P_{\text{ж}}$ , то есть выталкивающая архимедова сила равна весу вытесненной жидкости.

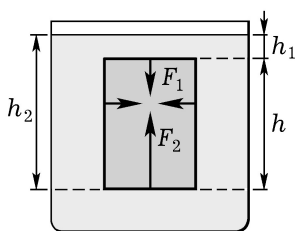


Рис. 5.28

4. Экспериментальная проверка теоретического вывода. На штативе закрепляем динамометр, к которому подвешиваем груз. Динамометр показывает вес тела  $P$  в воздухе. Под грузом поставим стакан, в котором уровень воды достигает отливной трубки. Под отливной трубкой установим мензурку. Медленно погрузим груз в воду отливного сосуда. После полного погружения тела (рис. 5.29) определим по динамометру вес тела  $P_1$  в воде и измерим объем воды в мензурке, а вместе с тем и ее массу. Уменьшение веса тела (разность показаний динамометра) оказывается равным весу

вытекшей (вытесненной) воды:  $m_{\text{ж}}g = P - P_1$ , где  $m_{\text{ж}}$  — масса воды в мензурке.

Из проведенного исследования следует вывод: *на тело, погруженное в жидкость (газ), действует выталкивающая сила, направленная вверх и равная весу жидкости (газа), которую вытесняет данное тело.*

Выталкивающую силу, действующую на тело, называют архимедовой силой в честь древнегреческого ученого Архимеда, который примерно за 250 лет до н. э. рассчитал ее значение.

Подводя итог изложенному в этом параграфе, еще раз подчеркнем, что уже на самом первом этапе изучения физики учебная деятельность школьников может и должна быть организована в соответствии с циклом научного познания. На уроках учащиеся наблюдают физические явления, демонстрируемые учителем, и вместе с ним формулируют исследовательские проблемы. Далее они шаг за шагом в коллективной познавательной деятельности, организуемой учителем, высказывают догадки о сущности обнаруженных явлений, выводят из них следствия и проверяют теоретические выводы в эксперименте. Результатом исследовательской деятельности являются экспериментально обоснованные самими учащимися фундаментальные законы физики. Осознание того факта, что исследованные явления действительно протекают в соответствии с законами, открытыми великими учеными, имеет важное методологическое и воспитательное значение.

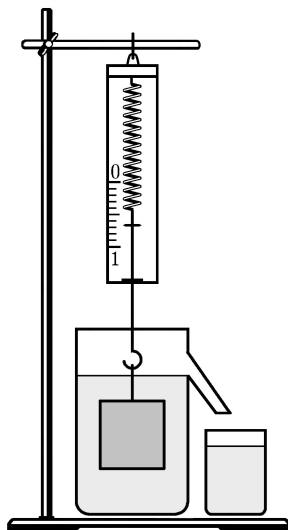


Рис. 5.29

## **Глава 6**

### **ПРЕОДОЛЕНИЕ ФОРМАЛИЗМА В ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИКИ**

Переход к ФГОС вызвал повышенное внимание педагогической общественности к состоянию отечественного естественнонаучного образования. 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. В значительной мере формализована и деятельность учителя физики, вынужденного выполнять многие функции, выходящие за рамки учебного предмета. В результате страдает сам предмет.

Корень зла в низком качестве знаний по физике видится в 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.

Преодоление формализма в системе школьного физического образования связано, главным образом, с формированием учителя физики нового типа. Решение этой проблемы включает повышение экспериментальной компетентности преподавателей физики и дидактики физики педагогических вузов, полное использование метода научного познания в форме теоретического и экспериментального циклов на школьных уроках, обучение действующих учителей физики учебному физическому эксперименту и применение экспериментальных доказательств для оценки уровня овладения учащимися школьной физикой.

В главе кратко рассмотрены все перечисленные вопросы. В частности, в ней показана роль научной конференции федерального уровня в развитии экспериментальной компетенции вузовских преподавателей физики, приведена информация о новых учебных опытах, дан пример школьного урока физики, построенного на основе метода научного познания, намечены направления подготовки учителя физики, отвечающего современным требованиям.

### 6.1. Школа учебного физического эксперимента

Научно–практическая конференция — важнейший элемент коммуникации и обмена опытом ученых, преподавателей и учителей, работающих в сфере физического образования. Однако подавляющее большинство научных конференций по теории и методике обучения физике отводит учебному физическому эксперименту второстепенную или даже третьестепенную роль. Приоритетом пользуются различные теоретические уопостроения, сконструированные из одной и той же совокупности педагогических фактов. Даже чисто внешне типовая научная конференция по методике физики не имеет никакого отношения к физическому эксперименту, поскольку на ней не обеспечиваются элементарные условия для демонстрации новых натурных опытов. Сам термин «новый результат в учебной физике» вызывает недоумение у многих активных участников таких конференций.

Чтобы научно–практическая конференция по дидактике физики способствовала совершенствованию и развитию отечественного естественнонаучного образования, на ней должны быть созданы оптимальные условия для демонстрации, изучения и обсуждения новых учебных физических экспериментов, специально разработанных для средней школы и педагогического вуза. Возможность и целесообразность организации таких конференций федерального уровня подтверждена многолетней практикой.

В 1970 году на кафедре физики Глазовского государственного педагогического института имени В.Г.Короленко был организован научно–методический семинар «Учебный физический эксперимент», который функционирует и в настоящее время. По инициативе В.Г.Разумовского на базе семинара в 1995 году была проведена первая Всероссийская научно–практическая конференция «Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения». Это мероприятие стало ежегодным, к настоящему времени состоялось 19 конференций.

Продолжительность каждой 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.

**НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ****ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «УЧЕБНЫЙ  
ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ: АКТУАЛЬНЫЕ  
ПРОБЛЕМЫ. СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ»**

Целью конференции является презентация новых элементов учебной физики, созданных участниками в течение предшествующего года. Большинство докладов сопровождается демонстрацией натуральных учебных экспериментов и компьютерных программ. Обсуждаются новые учебные теории, компьютерные модели и методики изучения физических явлений в средней и высшей школе.



Участники 13 Всероссийской конференции «Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения» (Глазов, 2008 год), фото после заключительного заседания конференции. Слева направо, первый ряд: Л. С. Кропачева (Глазов), акад. Н. Д. Никандров (Москва), проф. В. В. Майер (Глазов), акад. В. Г. Разумовский (Москва), проф. Ф. А. Сидоренко (Екатеринбург), доцент В. А. Тайницкий (Челябинск), доцент Ю. Т. Коврижных (Екатеринбург); второй ряд: доцент Е. С. Мамаева (Глазов), проф. В. А. Саранин (Глазов), К. И. Корнисик (Н.Тагил), доцент А. А. Сабирзянов (Екатеринбург), А. А. Сеин (Москва), доцент Р. Р. Закиров (Бирск), доцент О. Е. Данилов (Глазов); третий ряд: доцент Ю. В. Иванов (Глазов), Д. Ю. Исупов (Киров), А. А. Лобастова (Киров), учитель Л. А. Маначинская (Саров), И. Т. Касимов (Глазов), Е. И. Вараксина (Глазов), В. М. Стрелков (Глазов), А. И. Меренцов (Екатеринбург), Д. Н. Лукичев (Рязань), С. В. Фомин (Рязань), доцент В. Ф. Колупаев (Глазов).

Отличительной особенностью конференции является демонстрация за время работы десятков новых и модернизированных учебных физических экспериментов, современных учебных приборов и экспериментальных установок.

Фактически в докладах и других материалах конференции рассматриваются учебные теории физических явлений, обосновывающий теоретические положения учебный эксперимент и методика изучения теории и эксперимента в средней и высшей школе. Иными словами, на конференции представляются и обсуждаются новые элементы учебной физики, созданные ее участниками.

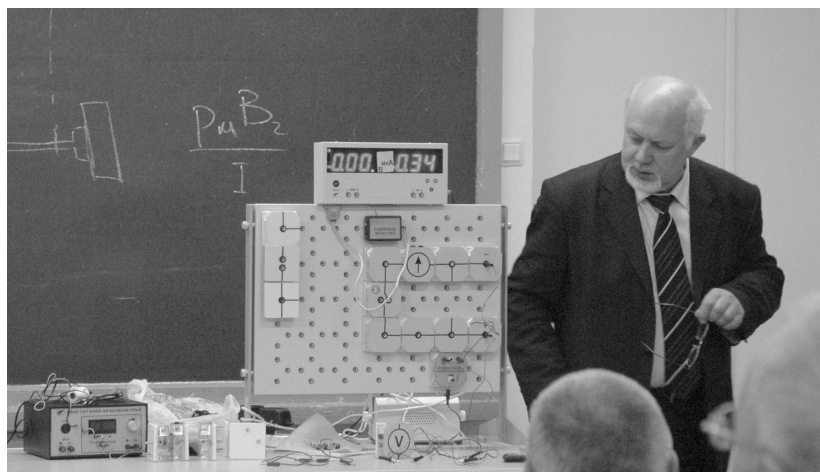
Среди докладов, сделанных на конференции, трудно, да это и не нужно, выделить лучшие. Нередко в кратком выступлении или небольшой по объему публикации решается проблема, поставленная десятилетия назад. Однако следует отметить принципиальные выступления Президента Российской Академии образования Н. Д. 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), Е. В. Оспенниковой (Пермь), С. Е. Попова (Н. Тагил), Ф. А. Сидоренко (Екатеринбург), 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), В. А. Величков (Пермь), 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.-Перербург), А. П. Костенко (Екатеринбург), О. А. Повалев (Москва), В. А. Семериков (Екатеринбург) и др.

Новым учебным опытом по физике, их теоретическому анализу и методике применения посвящены сделанные за годы работы конференции публикации профессоров С. В. Бубликова (С. 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).

**НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ****ДОКЛАД НА КОНФЕРЕНЦИИ**

На одном из заседаний состоявшейся в Глазове Всероссийской научно-практической конференции «Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения» В. А. Кораблев (С.-Петербург) демонстрирует дидактические возможности разрабатываемого для школы нового учебного оборудования. Оживленную дискуссию вызвала серия демонстрационных опытов по электродинамике, при постановке которых учащиеся лишены возможности наблюдать реальные электрические цепи, в которых происходят изучаемые явления.





**НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ****ОБСУЖДЕНИЯ В КУЛУАРАХ КОНФЕРЕНЦИИ**

На Глазовской конференции имеются все условия для демонстрации новых учебных опытов, созданных участниками. Однако ограниченное время докладов нередко не позволяет в деталях и до конца раскрыть суть предлагаемых разработок. Поэтому параметры приборов, технологии изготовления электронных устройств, особенности экспериментальных установок, порядок выполнения опытов и многие другие вопросы обсуждаются в кулуарах во время перерывов между заседаниями. На фотографии студент Челябинского педагогического университета В. Е. Живулин и учитель физики МОУ Лицей № 31 Челябинска А. В. Горшков знакомятся с деталями конструкций оригинальных тепловых двигателей, представленных сотрудником Уральского педагогического университета В. А. Семериковым. Технология изготовления этих приборов отличается максимальной простотой, необходимые для них материалы вполне доступны, так как используются в быту. Учебные исследования моделей тепловых машин могут составить содержание проектной деятельности школьников.





Важной категорией участников конференции являются начинающие исследователи — студенты старших курсов, магистранты и аспиранты. Они на равных с состоявшимися учеными выступают с научными докладами, демонстрируют разработанные ими учебные эксперименты, новые физические приборы, компьютерные программы и цифровые образовательные ресурсы. Наиболее активны молодые ученые из Глазова, Екатеринбурга, Кирова, Рязани, Челябинска.

Все это свидетельствует о востребованности и высокой эффективности Глазовской научно–практической конференции, которая стала настоящей школой учебного физического эксперимента российского уровня. Опыт Глазовской конференции показывает также, что инициатива педагогов, понимающих проблемы отечественного физического образования и прилагающих целенаправленные усилия для их решения, дает определенные результаты даже при явно недостаточной официальной поддержке.

Однако ситуация в сфере физического образования кардинально изменится лишь при условии, что научная новизна в кандидатских и докторских диссертациях по специальности 13.00.02 — Теория и методика обучения и воспитания (физика) в качестве обязательного компонента будет включать новые элементы учебной физики, возможность и целесообразность использования которых в учебно–воспитательном процессе обоснована прямым педагогическим экспериментом или повседневной практикой учебных заведений.

## 6.2. Цикл научного познания в обучении

Многочисленными исследованиями установлено, что на основе метода научного познания может и должна быть организована продуктивная познавательная деятельность учащихся при изучении физики в школе.

**1. Цикличность познавательной деятельности.** В дидактику физики схема научного познания А.Эйнштейна [109] введена В.Г.Разумовским [80], который представил ее в виде цикла (рис. 5.6).

Напомним, что в процессе научного познания 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 модели соответствуют реальности, то модель в *границах ее применимости* считается обоснованной.

При изучении физики учащиеся в процессе учебной деятельности осваивают основы метода научного познания. При этом деятельность школьников складывается из относительно кратковременных периодов, в которых преобладают процессы овладения либо учебной теорией, либо учебным экспериментом. Эти периоды также представляют собой замкнутые познавательные циклы, один из которых естественно назвать теоретическим, а другой — экспериментальным.

Теоретический познавательный цикл (рис. 6.1) по структуре и форме совпадает с циклом научного познания, но отличается учебным содержанием, для которого характерна субъективная новизна продукта деятельности учащихся. При обучении теоретический цикл чаще всего используется в физических задачах творческого характера [82]: в усло-

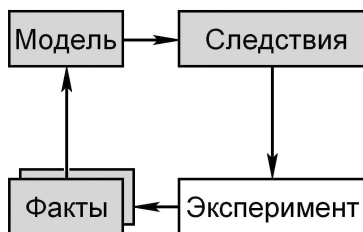


Рис. 6.1

виях задач сообщаются факты, качественное решение задачи приводит к построению физической модели явления, для количественного решения используется математическая модель, результат решения проверяется в эксперименте. В соответствии с теоретическим познавательным циклом в хороших учебниках строятся учебные варианты физических теорий школьного курса — механики, молекулярной физики, термодинамики, электродинамики, квантовой физики.

**2. Экспериментальный цикл научного познания.** В физике научное познание происходило и осуществляется сейчас не только в теоретическом, но и в экспериментальном цикле. Великие открытия Х. Эрстеда, М. Фарадея, Г. Герца, А. Г. Столетова, В. Рентгена, Э. Резерфорда и многих других физиков совершены в процессе экспериментирования: создавались условия эксперимента, наблюдался результат, проводился его анализ и затем строилась теория вновь обнаруженного явления, иногда спустя десятилетия после открытия и совсем другими учеными.

Поэтому теоретический и экспериментальный познавательные циклы нужно рассматривать как равноценные инструменты научного познания и в неразрывной связке использовать при обучении физике.

Схема экспериментального цикла научного познания (рис. 6.2), столь же проста, как теоретического (рис. 6.1). 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.

Что касается учебного физического эксперимента (рис. 6.2), 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. Далее следует построение учебной теории экспериментально исследованного физического явления. Виды учебного эксперимента перечислены на схеме, представленной на рис. 6.3.

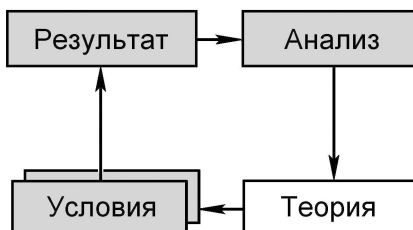


Рис. 6.2

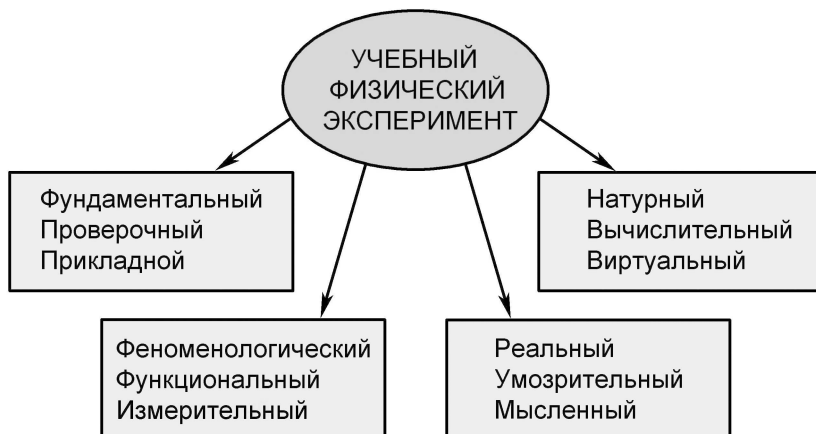


Рис. 6.3

Проблема, однако, заключается в том, что практическая реализация принципа цикличности не так проста, как это представляется по его схематическим изображениям. Учителю придется в совершенстве освоить десятки учебных экспериментов, охватывающих

все разделы школьного курса физики, чтобы метод научного познания стал для него столь же естественным, как обычное изложение материала на уроке.

**3. Эксперимент на школьных уроках.** Учебный эксперимент является основой развития физического мышления учащихся. Действительно, в цикле научного познания (рис. 6.1) переходы от фактов к модели и от следствий к эксперименту носят интуитивный характер, поэтому именно они определяют сущность физического мышления. Решение задач, бесспорно, также 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 [56] 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. Современные классификации уроков мало отличаются от приведенной здесь и в принципе преследуют те же цели. На уроках первого типа нужны учебные варианты фундаментальных (феноменологических, функциональных и измерительных или константных) опытов. Уроки второго типа помимо фундаментальных должны включать проверочные и прикладные эксперименты. На уроках третьего типа целесообразны серии экспериментов, обосновывающих главные идеи соответствующих теорий. Уроки четвертого типа могут содержать проблемные и занимательные эксперименты. На уроках пятого типа обязательны экспериментальные задачи.

Как правило, продолжительность демонстрации 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 или обеспечивает формирование необходимых для дальнейшего умений. 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.

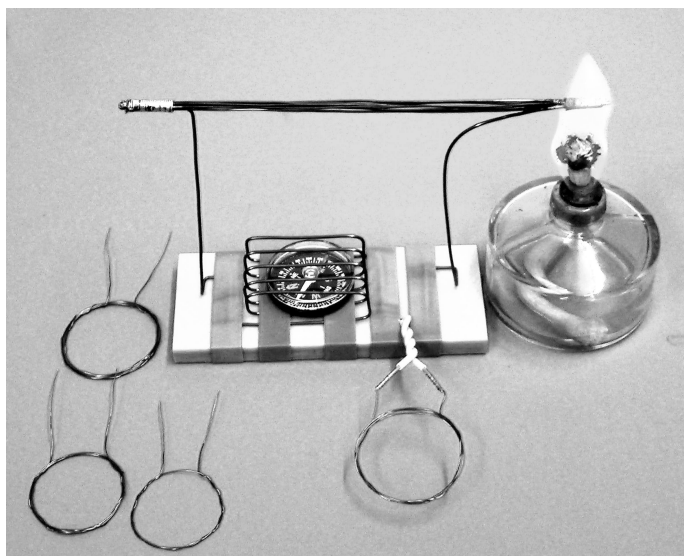
**НОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ****ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ  
ЗАКОНА КУЛОНА**

Закон Кулона относится к фундаментальным физическим законам. На его основе построена вся элементарная электростатика школьной физики. Однако в качестве экспериментального обоснования этого закона в школе применяют рисунки, схематически изображающие крутильные весы, использованные еще самим Кулоном, и краткие описания результатов его измерений. В глазах современных школьников такое обоснование выглядит архаичным и малоубедительным. Гораздо больший интерес вызывает самостоятельное экспериментальное доказательство справедливости закона Кулона. Но чтобы его получить, нужно поработать: из подручных материалов изготовить электростатический динамометр, подобный показанному на фотографии, отградуировать его, в опытах получить зависимость силы взаимодействия заряженных тел от расстояния между ними, интерпретировать полученный результат. В такой деятельности не только развиваются экспериментальные умения, но и воспитываются фундаментальные качества личности [37].



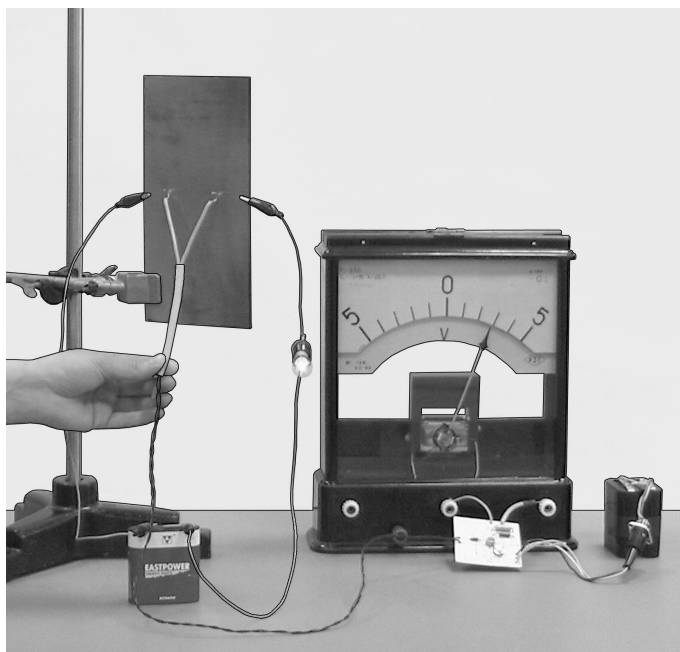
**НОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ****ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ  
ЗАКОНА ОМА**

В школе для подтверждения справедливости закона Ома нередко собирают цепь из последовательно включенных регулируемого источника постоянного тока, амперметра, постоянного резистора и соединенного с ним параллельно вольтметра. Изменяют напряжение источника и записывают соответствующие значения силы тока. Далее строят график зависимости тока от напряжения, убеждаются, что он представляет собой прямую линию, и делают вывод о выполнимости закона Ома в проведенном опыте. На самом деле такой опыт ничего не доказывает, так как использованные в нем амперметр и вольтметр измеряют фактически одну и ту же величину — силу проходящего через них тока. Безупречный с точки зрения доказательности эксперимент учащиеся могут выполнить, если соберут простую экспериментальную установку, изображенную на фотографии. Она представляет собой современный вариант исторической установки Ома. Источником тока служит дифференциальная термопара, а в качестве измерителя силы тока использованы соленоид из нескольких витков и помещенный внутрь него компас. Используя провода одинакового сечения и разной длины, учащиеся в эксперименте самостоятельно получают выражение закона Ома для полной цепи [38].



**НОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ****ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО  
И МАГНИТНОГО ПОЛЕЙ**

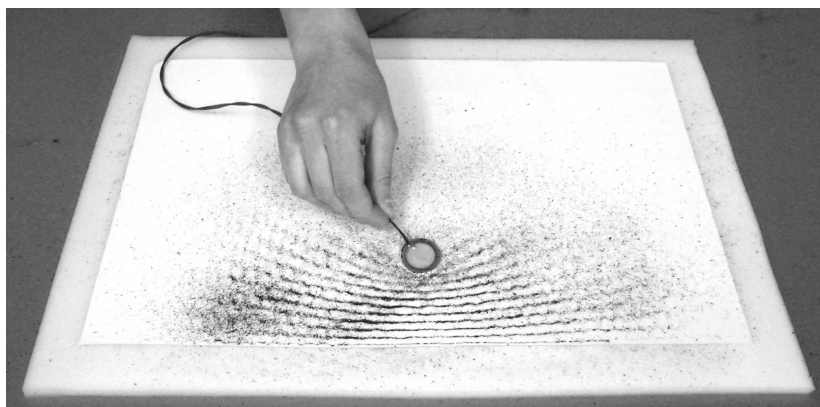
Если в некоторой системе отсчета имеется постоянное магнитное поле, то в движущейся относительно нее инерциальной системе отсчета наряду с магнитным существует и электрическое поле. Это положение является одним из следствий специальной теории относительности. Интересно, что исходные положения самой теории относительности по свидетельству А. Эйнштейна связаны с анализом явлений, происходящих в системах отсчета, движущихся равномерно и прямолинейно относительно постоянного магнита. На фотографии изображена простая установка, позволяющая в демонстрационном опыте убедиться в относительности электрического и магнитного полей. Разработка конструкции и сборка чувствительного усилителя постоянного напряжения, изготовление модели проводника электрического тока и датчика разности потенциалов, создание экспериментальной установки и выполнение на ней демонстрационных опытов представляют собой содержание интереснейшего исследовательского проекта учащихся старшей школы [39].





**ФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ****ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ УПРУГИХ ВОЛН**

Учащиеся хорошо знакомы с явлениями отражения звука и света, они твердо знают и уверенно формулируют закон отражения. Однако школьники совершенно не представляют, как отражаются волны разной природы от границы раздела сред и что при этом происходит. Не более получаса требуется учащимся, совершенно ничего не умеющим делать руками, чтобы собрать простую экспериментальную установку, состоящую из школьного генератора звуковой частоты, пьезоэлектрического источника звука, листа плотной бумаги на мягкой поролоновой подложке и чистого речного песка, равномерно насыпанного на лист. Настроив генератор в резонанс с пьезоэлектрическим излучателем и прикоснувшись к бумаге его краем, учащиеся с удивлением и восторгом наблюдают возникающую интерференционную картину. Интерференция происходит в результате наложения двух когерентных изгибных волн, распространяющихся в листе бумаги. Одна волна идет непосредственно от излучателя, вторая получается при отражении падающей волны от прямого края листа. Можно считать, что отраженная волна идет от мнимого изображения источника в крае листа. Исследование этого явления позволит не только глубоко разобраться с отражением волн, но и познакомиться с такими новыми для школьников понятиями, как электромеханический резонанс, изгибная волна, изменение фазы волны при отражении. Описанная экспериментальная установка может быть использована в лабораторной работе практикума, в которой учащиеся по интерференционной картине определяют длину изгибной волны и вычисляют скорость ее распространения [40].





Оптимальна ситуация, когда учебный физический эксперимент неразрывно связан с учебной физической теорией. Это означает, что эксперимент на уроке носит не иллюстративный, а доказательный характер, причем 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.

### 6.3. Физическая задача и учебный опыт

Школьная физическая задача представляет собой следствие учебной теории, нуждающееся в экспериментальном обосновании. Стандартные школьные задачи по физике являются алгебраическими или тригонометрическими 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 имеются только груз массой 0,8 кг, линейка и пружина от ведерка Архимеда. Сможем ли мы сейчас поставить опыт, подтверждающий правильность формулы, использованной вами для решения задачи?

*В. И. Лукашук.* 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, используя оборудование, имеющееся на лабораторном столе (универсальный штатив с муфтой и лапкой, стальная линейка, набор керамических магнитов).

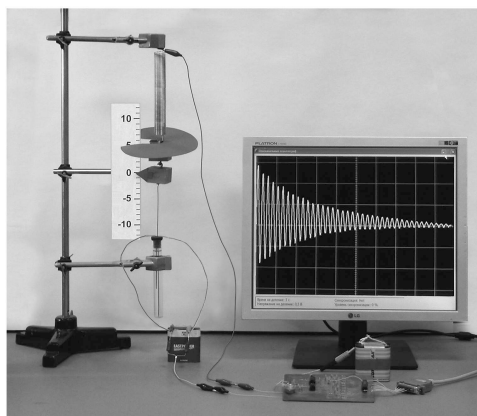
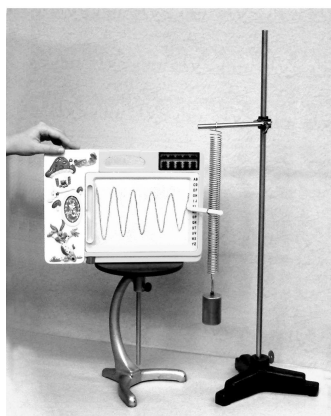
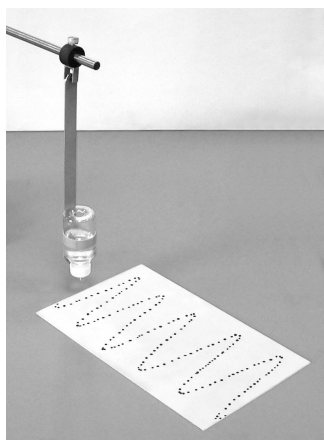
*А. П. Рымкевич.* Грузик, колеблющийся на пружине, за 8 с совершил 32 колебания. Найти период и частоту колебаний.

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

## ФИЗИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА И ОПЫТ

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ НА КОЛЕБАНИЯ

Школьные физические задачи представляют собой следствия теоретической модели физического явления. На фотографиях показаны демонстрационные опыты, которые могут быть использованы для экспериментального обоснования правильности решений некоторых физических задач на колебания. При таком подходе учащиеся твердо усваивают, что в физике судить о правильности выполненного решения задачи можно только на основе анализа результатов эксперимента — ответ в задачнике, одобрение товарища или высокая оценка учителя не могут быть использованы в качестве критерия истины [42].



*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.* В кабине стоящего на старте космического корабля действительно есть маятник, состоящий из висящего на нити грузика. Но мне очень трудно представить себе, что космонавты перед стартом измеряют период колебаний маятника, а затем повторяют эти измерения при подъеме ракеты. Подумайте, для чего космонавтам нужен маятник и как можно проверить, что при движении с ускорением вверх период колебаний маятника уменьшается.

*И. М. Гельфгат, Л. Э. Гендеништейн, 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  $\alpha$  к горизонту? Чему равен во всех этих случаях период колебаний  $T$  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 [47], 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.

## 6.4. Модель школьного урока

Изложенные в этой главе идеи реализуются в конкретных методических разработках моделей школьных уроков. Одна из таких моделей была опубликована авторами в журнале «Физика–ПС» [46] и по итогам ежегодно проводимого редакцией конкурса заняла первое место. Модель раскрывает содержание и методику проведения урока по изучению звуковых волн в выпускном классе. Натурный и компьютерный учебный эксперимент, используемый на уроке, разработан при подготовке докладов на Глазовскую научно–практическую конференцию, о которой говорилось раньше (§ 6.1). В течение урока несколько раз реализуются теоретический и экспериментальный циклы познавательной деятельности, хотя прямо научное познание вообще не упоминается (§ 6.2). В процессе урока

школьники решают несколько физических задач, непосредственно связанных с экспериментом (§ 6.3).

Следует иметь в виду, что любая модель школьного урока представляет собой идеализацию реального учебно-воспитательного процесса. Особенно это относится к ответам учащихся на вопросы учителя — в модели они представляют собой образец, к которому нужно стремиться, работая с классом на уроке. Каждый учитель хорошо знает, как трудно бывает добиться от учащихся нужного ответа на корректно поставленный вопрос. Поэтому правильные ответы, равно как и возможные ошибки школьников учитель должен заранее моделировать. Наконец, хорошая модель урока всегда содержит избыточный фактический материал, который совсем не обязательно будет использован на конкретном уроке.

## ЗВУКОВЫЕ ВОЛНЫ

### Урок изучения нового материала. 11 класс

*Цели урока:* вместе с учащимися исследовать упругие волны на примере звуковых волн высокой частоты; изучить метод стоячей волны; познакомиться с видами упругих волн; измерить длины волн и вычислить скорости звука в разных средах.

*Цели развития:* совершенствовать умения познавательной деятельности, а именно, умение наблюдать и объяснять результаты экспериментов; умение обосновывать физическую теорию, приводя примеры опытов; умение измерять физические величины в экспериментах; умение вычислять искомые величины по результатам непосредственных измерений; умение обобщать результаты серии опытов.

*Дидактические средства:* 1) мультимедийный проектор; 2) компьютер; 3) программа «Стоячая волна»; 4) генератор звуковой частоты; 5) магнитострикционный излучатель; 6) стеклянные трубки; 7) стальной шарик; 8) лycopодий; 9) стеклянная пробирка с суспензией алюминиевой пудры в ацетоне.

#### 1. Постановка проблемы

*Учитель.* Вы уже знакомы с механическими волнами на поверхности воды и на резиновом шнуре. Механические волны, которые распространяются в упругих средах (газах, жидкостях и твердых телах), называются упругими. *Упругие волны* частотой примерно от 20 Гц до 20 кГц слышимы и называются *звуком*. Однако орган слуха мало помогает в исследованиях упругих волн. Дело осложняется еще и тем, что эти волны невидимы.

Как можно получить упругие волны в разных средах? Как *визуализировать* упругие волны, то есть сделать их видимыми? Какие упругие волны и с какой скоростью распространяются в

различных средах? Вот основные вопросы, ответы на которые мы постараемся получить на сегодняшнем уроке.

## 2. Изучение нового материала

*Учитель.* Для эксперимента используем звуковые волны частотой 15–20 кГц. Звук столь высокой частоты плохо слышим, поэтому интенсивность его в опытах может быть сравнительно большой. Перечислите известные вам способы получения звука. Какие еще частотные диапазоны звука, кроме слышимого, вы знаете?

*Учащиеся.* Свисток, динамик, сирена, пьезоэлемент, струна, камертон и другие. Упругие волны частотой ниже 20 Гц называются *инфразвуком*, и выше 20 кГц — *ультразвуком*.

*Учитель.* Для получения интенсивного звука высокой частоты проще всего использовать *магнитострикционный излучатель*. Он состоит из ферритового *вибратора*, закрепленного посередине внутри *обмотки возбуждения*. При подключении излучателя к генератору звуковой частоты по обмотке проходит переменный электрический ток, который создает переменное магнитное поле. Особенностью магнитострикционного эффекта является то, что независимо от направления магнитного поля находящийся в нем ферритовый стержень всегда укорачивается. Поэтому вибратор излучателя колеблется с частотой, в два раза превышающей частоту магнитного поля. Чтобы частота колебаний вибратора совпадала с частотой тока, даваемого генератором, ферритовый вибратор подмагничивают керамическими магнитами.

*Учащиеся.* Пожалуйста, поясните подробнее, в чем суть магнитострикционного эффекта и как он работает в излучателе.

*Учитель.* Подробнее с устройством и принципом действия магнитострикционного излучателя вы можете познакомиться после урока. А сейчас опыт: соединим излучатель с генератором, включим генератор и будем постепенно повышать частоту переменного напряжения. Что вы наблюдаете?

*Учащиеся.* Слышен похожий на писк комара тихий звук, высота которого растет, а громкость уменьшается. При частоте генератора  $\nu = 18$  кГц звук почти исчезает, но возникает легкое давление на барабанные перепонки. Если проскочить эту частоту, то вообще ничего не слышно.

*Учитель.* Этот простой опыт показывает, что магнитострикционный излучатель дает звук максимальной интенсивности лишь при вполне определенной частоте. На этой частоте имеет место *резонанс*: частота переменного напряжения совпадает с частотой собственных колебаний вибратора, и амплитуда колебаний вибратора резко возрастает.

*Учащиеся.* Но вибратор излучателя выглядит совершенно неподвижным!

*Учитель.* Конечно неподвижным, однако, звук вы слышите, значит остается доказать, что конец вибратора действительно колеблется. Как это сделать?

*Учащиеся.* Нужно положить на вибратор какой-нибудь легкий предмет, тогда если конец вибратора колеблется, этот предмет, может быть, чуть-чуть подскочит, а подскок мы сможем заметить.

*Учитель.* Попробуем. Посмотрите, над вибратором я закрепляю стеклянную трубку, внутрь трубки на вибратор помещаю стальной шарик, включая генератор и, медленно меняя его частоту, настраиваю генератор в резонанс с вибратором. Что происходит?

*Учащиеся.* Шарик начинает дребезжать, потом слегка подпрыгивает... Ого! да он прыгает чуть ли не на полметра (рис. 6.4)! Так значит ферритовый вибратор в самом деле колеблется! Удивительно, невидимые глазом колебания, так эффектно себя обнаруживают! Значит, несмотря на то, что звук почти не слышен, интенсивность его значительна, раз твердый сравнительно массивный шарик подпрыгивает так высоко.

*Учитель.* Мы доказали, что конец вибратора совершает *продольные* колебания, и от него в воздухе распространяется звук. Как убедиться в том, что этот звук представляет собой волну?

Вспомним уравнение бегущей волны<sup>1)</sup>:

$$s = s_m \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right).$$



Рис. 6.4

Это уравнение показывает, что *волна периодична в пространстве и во времени*, причем распространяется со скоростью, равной отношению пространственного периода к временному:  $v = \lambda/T$ .

<sup>1)</sup> Мякишев Г. Я. Физика: Учеб. для 11 кл. общеобразоват. учреждений / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. — М.: Просвещение, 2004. — 336 с. (С. 122–123).

Скорость звука довольно велика, поэтому непосредственно наблюдать бегущую звуковую волну, даже если бы мы могли ее видеть, невозможно. Вот если бы волну остановить!

*Учащиеся.* Если волну остановить, то она исчезнет, так как волна не может не распространяться.

*Учитель.* Нет, надо остановить так, чтобы и бегущая волна осталась, и распределение смещения частиц среды вдоль волны оказалось неподвижным.

Посмотрите, на мониторе компьютера слева направо бежит модель гармонической волны (рис. 6.5 а). Я пускаю навстречу этой волне точно такую же волну, бегущую с той же скоростью (рис. 6.5 б). Вторая волна проходит сквозь первую, не изменяясь.

Теперь я делаю так, чтобы было видно результирующее смещение в каждой точке области наложения двух волн, которое равно сумме смещений от каждой волны по отдельности. Вы наблюдаете, что бегущие волны не исчезают, но в точках области наложения результирующие колебания происходят с разными амплитудами, причем эти колебания никуда не перемещаются (рис. 6.5 в, г, д). Что следует из этого модельного эксперимента?

*Учащиеся.* При наложении двух волн одинаковых частот, распространяющихся с одинаковыми скоростями навстречу друг дру-

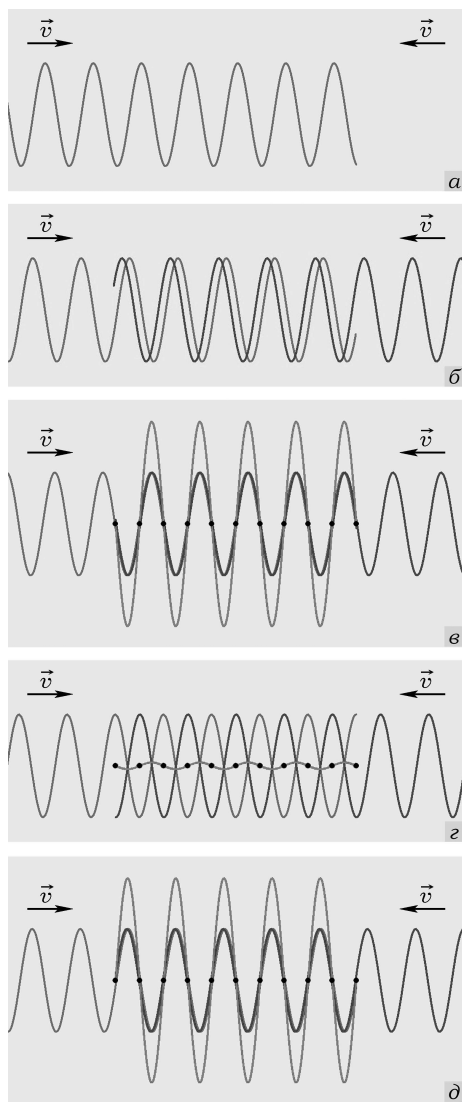


Рис. 6.5



гу, образуется неподвижное распределение колебаний вдоль линии движения волн.

*Учитель.* Совершенно верно. Это распределение колебаний называется *стоячей волной*, хотя никакой волной оно, конечно, не является. Точки, в которых амплитуда колебаний максимальна, называются *пучностями*, а точки, в которых амплитуда колебаний равна нулю, называются *узлами* стоячей волны. Обратите внимание, что расстояние между соседними узлами или пучностями равно ровно половине длины бегущей волны (рис. 6.6). Может быть, теперь вы догадались, как сделать звуковую волну видимой?

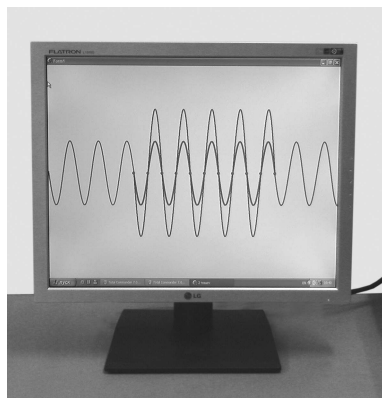


Рис. 6.6

*Учащиеся.* Нужно сначала получить стоячую волну. Для этого не обязательно использовать два излучателя: достаточно бегущую волну отразить обратно так, чтобы она шла навстречу падающей. Потом надо ввести в стоячую волну какой-нибудь легкий порошок: он сбросится с пучностей и соберется в узлах так, что обозначит стоячую волну.

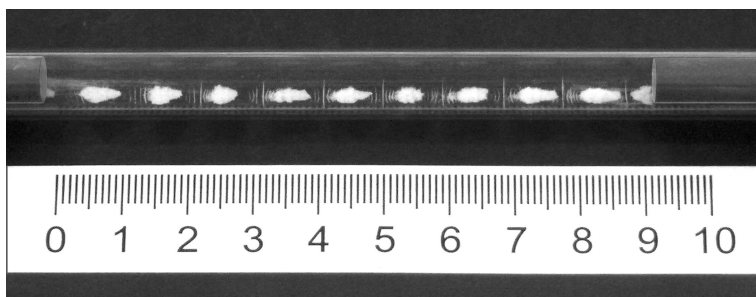


Рис. 6.7

*Учитель.* Правильно! Этим мы сейчас и займемся. В лапке штатива я закрепляю горизонтально чистую стеклянную трубку. Внутрь трубки равномерным тонким слоем насыпаю легкий сыпучий порошок (ликоподий). В один конец трубки вставляю вибратор магнитострикционного излучателя, а в другой — отражатель. Включаю генератор, настраиваю его в резонанс с вибратором и осторожно перемещаю отражатель по трубке. Вы видите,



что при определенных положениях отражателя в трубке устанавливается стоячая волна. Порошок собирается в узлах этой волны, отстоящих друг от друга на одинаковые расстояния, в пучностях наблюдаются тонкие вертикальные пленки (рис. 6.7). Попробуйте по результатам опыта определить скорость звука в воздухе.

*Учащиеся.* Измеренное линейкой расстояние между 9 узлами стоячей волны в трубке равно 77 мм. Значит, длина волны звука в воздухе  $\lambda = (77/8) \cdot 2 = 19$  мм. Так как излучатель дает звук частотой  $\nu = 18$  кГц, то скорость звука в воздухе  $v = \lambda\nu = 19 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^3 = 340$  м/с.

*Учитель.* Для визуализации волны в жидкости будем использовать пробирку с ацетоном, в который добавлено небольшое количество алюминиевой пудры (краска серебрянка). Перемешаем содержимое пробирки, чтобы оно приобрело однородный серый цвет. Поставим пробирку дном на вибратор вертикально расположенного магнитострикционного излучателя и включим звук. Моментально в пробирке визуализируются узлы и пучности возникающей стоячей волны (рис. 6.8). Объясните результат опыта.

*Учащиеся.* Звуковая волна от вибратора проходит сквозь стекло, распространяется по жидкости вверх до ее поверхности, отражается от этой поверхности и идет назад. Таким образом, в пробирке с жидкостью навстречу друг другу распространяются две волны одинаковой частоты. При их наложении и образуется стоячая волна.

*Учитель.* Верно. По результатам опыта нетрудно определить скорость звука в жидкости и сравнить ее с табличным значением.

*Учащиеся.* Измеренная линейкой длина пяти полуволн звука равна 145 мм, тогда длина волны звука в жидкости  $\lambda = (145/5) \cdot 2 = 58$  мм. Так как частота звука  $\nu = 18$  кГц то скорость звука в жидкости  $v = \lambda\nu = 58 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^3 = 1040$  м/с. Табличное значение скорости звука в ацетоне 1190 м/с, совпадение для демонстрационного опыта неплохое.

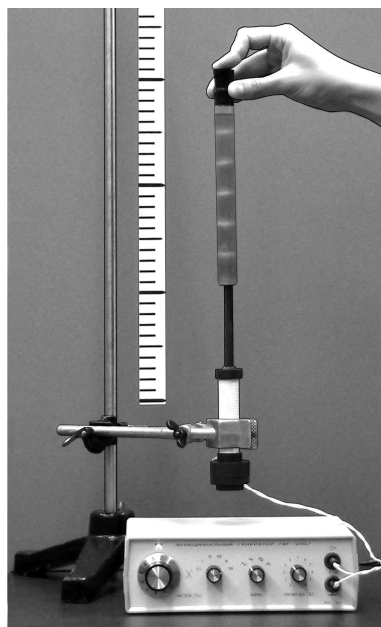


Рис. 6.8

*Учитель.* Чтобы вы могли наблюдать стоячую волну в твердом теле, я посыпаю речным песком круглую дюралевую пластинку и прикасаюсь вибратором в центре пластинки. Вы видите, песок обозначает систему концентрических колец, отстоящих друг от друга на равные расстояния (рис. 6.9). Определив, как и раньше, расстояние между соседними узлами стоячей волны, получаем для длины волны значение  $\lambda = 12$  мм. Отсюда скорость волны в пластинке  $v = \lambda\nu = 12 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^3 = 220$  м/с.

*Учащиеся.* Вот так-так! Скорость упругой волны в твердом теле даже меньше, чем в воздухе!

*Учитель.* Это действительно поразительный факт. Но неужели вы не заметили, чем отличаются друг от друга волны, которые получались в наших опытах?

*Учащиеся.* В воздухе и жидкости колебания вибратора происходят вдоль, а в твердой пластинке — поперек направления распространения волны.

*Учитель.* Именно поэтому различают *продольные* и *поперечные* волны. В жидкостях и газах могут распространяться только продольные упругие волны, а в твердых телах — как продольные, так и поперечные. Исследования показывают, что в твердых пластинках распространяются своеобразные продольно-поперечные волны, которые называют *изгибными*.

*Учащиеся.* Теперь понятно, что продольную волну мы получим, если к твердому телу прикоснемся вибратором, расположенным перпендикулярно поверхности тела.

*Учитель.* Верно. Но вообще-то мы в каждом опыте использовали продольную волну, распространяющуюся в твердом теле. Вспомните, конец вибратора колеблется в направлении, параллельном его оси (рис. 6.4), значит, по вибратору распространяется продольная волна. Она отражается от его торцов, и в вибраторе устанавливается стоячая волна. Если работающий вибратор слегка зажать пальцами и перемещать их вдоль вибратора, то обнаружится, что на его концах пучности, а в середине — узел стоячей волны. Следовательно, длина вибратора равна половине длины продольной



Рис. 6.9

звуковой волны в феррите. Измеряю линейкой длину вибратора и получаю  $l = 0,16$  м. Тогда скорость звука в феррите  $v = \lambda\nu = 0,16 \cdot 2 \cdot 18 \cdot 10^3 = 5760$  м/с. Объясните, почему в вибраторе возникает стоячая волна?

*Учащиеся.* Переменное магнитное поле обмотки излучателя возбуждает в вибраторе продольные колебания. Они вызывают продольную волну, которая, дойдя до торца вибратора, отражается от границы феррит–воздух и складывается с падающей. Если на длине вибратора укладывается целое число полуволн, то в нем образуется стоячая волна. Длина волны однозначно определяется частотой, поэтому при заданной длине вибратора стоячая волна образуется только при определенных частотах.

*Учитель.* Эти частоты называются *собственными частотами* излучателя. Максимальная амплитуда колебаний вибратора достигается на самой низкой собственной частоте, которая называется *основной*. На основной частоте в вибраторе укладывается ровно половина длины волны, посередине вибратора расположен узел смещений, а на концах — пучности, что вы и наблюдали на опыте.

### 3. Задания

*Учитель.* Подведем итог. Мне кажется, нет необходимости заучивать материал урока. Хорошо, если вы вспомните опыты и те выводы, к которым мы пришли, исследуя звуковые волны в разных средах. Думаю, неплохо, если в вашей памяти ничего, кроме приятно проведенного времени, не останется — значит, изученное на уроке вам не слишком-то и нужно. Впрочем, выучить по учебнику определения и формулы, как это ни печально, придется, если вам хочется получить высшее образование.

Тем из вас, кого заинтересовал материал урока, рекомендую дома в рабочей тетради кратко описать опыты с обязательной схемой экспериментальной установки и воспроизвести логику научного познания рассмотренных на уроке физических явлений.

Советую также тщательно разобраться в том, что осталось не совсем понятным. Лучше всего сформулировать и записать вопросы, чтобы задать их на следующем уроке.

Ну, а самым храбрым, кто не испугается самостоятельно изготовить магнитострикционный излучатель и генератор, оставляю литературу, которая поможет в работе.

### 4. Литература

1. Майер В. В., Вараксина Е. И. Магнитострикционный излучатель ультразвука // Потенциал. — 2006. — № 8. — С. 55–60.

2. Майер В. В., Вараксина Е. И. Ультразвуковой генератор низкой частоты // Потенциал. — 2006. — № 9. — С. 75–80.

## **6.5. Воспитательный эффект уроков физики**

Воспитательный эффект уроков физики в значительной степени определяется внеурочной проектной деятельностью учителя и его учеников. Как показывает опыт советской школы, для воспитания креативных, эмоциональных и волевых качеств личности, инициативы и активности, духа соревновательности и сотрудничества, уважительного отношения к мнениям оппонентов и стремления к обоснованности собственных суждений необходима внеурочная деятельность учащихся, непосредственно связанная 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. В современных условиях на необходимость организации внеурочной деятельности учащихся особое внимание обращает недавно принятый ФГОС.

Наиболее эффективна совместная проектная деятельность учителя и ученика по исследованию явлений естественной и искусственной природы с целью совершенствования известных и создания новых элементов учебной физики [84]. Каждый такой элемент, относящийся к определенному физическому явлению, включает 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 [27–30]. 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 тогда приносят максимальную пользу, когда они используются на уроках физики. Разрабатываемые школьниками учебные приборы и эксперименты могут быть простыми, но всегда исключительно интересными, всегда отличающимися по крайней мере субъективной новизной.

Например, простая модель воздушного шара–монгольфера может стать основой для глубокого физического исследования, а также поводом для обсуждения проблемы возможного выхода в космос из школьного двора [32].

**УЧЕНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ****ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МАГНИТ**

В период педагогической практики студенты руководят учебными исследованиями школьников. В любом классе основной и старшей школы всегда находятся учащиеся, которым интересно собственными руками сделать физический прибор и собственными глазами увидеть физическое явление. Если экспериментальная компетентность будущего учителя достаточна, то он в состоянии организовать проектную деятельность школьников по учебному исследованию физического явления. Задача одного из выполненных учащимися проектов заключалась в изготовлении и исследовании термоэлектрического магнита. В современной отечественной школе явление термоэлектричества не изучается. Поэтому руководитель ученического проекта студент 4 курса Глазовского пединститута вначале провел внеурочное занятие, на котором заинтересованным школьникам рассказал о физических явлениях, с которыми они встретятся при выполнении проекта. В процессе работы учащиеся познакомились с явлением термоэлектричества, изучили устройство электромагнита, научились паять, изготовили термомagnet и убедились в его работоспособности. Они были потрясены значением силы электрического тока, который можно получить, нагревая один из спаев дифференциальной термопары, и величиной силы притяжения электромагнита, обмотка которого состоит из одного или нескольких витков толстого провода [31, 43].



## УЧЕНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ

## ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ШКОЛЬНИКОВ

Учащиеся основной школы с увлечением выполняют исследовательские проекты, связанные с совершенствованием учебного физического эксперимента. Результаты такой деятельности находят применение непосредственно на уроках физики. На первой фотографии представлена презентация проекта по созданию установки для моделирования электрических полей. Школьница под руководством студента педагогического вуза самостоятельно изготовила генератор переменного напряжения звуковой частоты, измеритель разности потенциалов со светодиодной индикацией, делитель напряжения и выполнила учебное исследование по моделированию электростатических полей стационарными. На второй фотографии изображена группа учащихся в процессе учебного исследования явления Лейденфроста. Школьники наблюдают движение и колебания капель воды различного объема на раскаленной металлической поверхности. Знания, полученные при выполнении этого проекта, значительно расширяют представления учащихся о парообразовании и кипении жидкостей. Кроме того, они приобретают разнообразные экспериментальные умения, в том числе и связанные с техникой безопасности [44].





Не менее интересно теоретическое исследование простейшего униполярного электродвигателя [33, 34, 35], которое даст школьникам возможность осознать, как возникла и какие явления изучает специальная теория относительности [39]. Экспериментальное исследование движений в неинерциальной системе отсчета, связанной со свободно падающим телом, позволит познакомиться с фундаментальными идеями общей теории относительности [36].

Внеурочная проектная деятельность оказывает мощное воспитывающее действие благодаря личности учителя, наравне с учащимися выполняющего исследование конкретного элемента учебной физики. 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–ПС», «Учебная физика», «Потенциал». Некоторые из публикаций в этих изданиях приведены в списке литературы. Неисчерпаемым источником информации является Интернет, пользуясь которым школьники учатся отсеивать достоверные сведения от информационного шума.

## **6.6. Экспериментальная подготовленность учителя**

Фундамент экспериментальной подготовленности 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 физические эксперименты, обеспечивающие учебные исследования реальных физических явлений окружающей действительности.

К сожалению, современные стандарты и программы дисциплин общей физики и дидактики физики педагогических вузов предусматривают овладение студентами лишь небольшим числом шаблонных опытов. Но всякие стереотипы гасят творческую мысль. Поэтому повышение экспериментальной компетентности учителя заключается в самостоятельном освоении все новых и новых учебных физических экспериментов. Этому могут способствовать курсы повышения квалификации, на которых ставится задача подготовки учителей к руководству проектной деятельностью школьников в области учебной физики.

Согласно действующему ФГОС реализация основной образовательной программы должна обеспечивать «выполнение индивидуального проекта всеми обучающимися в рамках учебного времени, специально отведенного учебным планом» [101]. *Индивидуальный*

*проект* организует деятельность обучающихся в форме *учебного исследования* или *учебного проекта*. Он выполняется обучающимся самостоятельно в течение одного или двух лет под руководством *тьютора*. Для выполнения индивидуального проекта учебным планом специально выделяется учебное время. В результате выполнения индивидуального проекта у обучаемых должны быть сформированы навыки учебно-исследовательской и коммуникативной деятельности, критического мышления, аргументации, постановки цели, планирования работы, отбора и интерпретации необходимой информации, презентации полученных результатов.

Если тьютором индивидуальных проектов является учитель физики, то наиболее эффективны проекты, целями которых являются учебные исследования явлений, изучаемых в курсе физики профильной школы. Действительно, результаты выполнения таких проектов могут быть использованы непосредственно на уроках физики основной и старшей школы, принося максимальную пользу всем обучающимся. Вместе с тем проекты, посвященные учебным исследованиям физических явлений, доступны учащимся в интеллектуальном, материальном и временном аспектах. Проблема заключается только в достаточной экспериментальной подготовленности учителя физики, так как полноценное исследование физических явлений даже на учебном уровне в обязательном порядке наряду с теоретическим включает равнозначимый с ним экспериментальный компонент.

Таким образом, в качестве главной цели курсов повышения квалификации следует поставить совершенствование экспериментальной компетентности учителей физики средней школы как необходимое условие практической реализации основных положений ФГОС. Специалисты, прошедшие курсы повышения квалификации, должны уметь:

1) выводить из общих положений ФГОС следствия, относящиеся к повышению качества физического образования в школе;

2) выполнять современный учебный физический эксперимент разного уровня: от домашних опытов на основе подручных материалов до относительно сложных экспериментов, требующих изготовления электронных устройств;

3) планировать проектную деятельность учащихся, осуществлять ее пошаговое моделирование, предвидеть и устранять трудности, которые могут возникнуть перед школьниками;

4) выполнять натуральный компьютерный эксперимент с полной подготовкой экспериментальной установки, включающей изготовление простейших датчиков физических величин и ввод программного обеспечения;



**ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ****КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

Одной из важнейших задач курсов повышения квалификации является развитие экспериментальной компетенции учителей физики. С этой целью слушателям предлагается выполнение учебно-исследовательских проектов, моделирующих проектную деятельность учащихся в школе. В течение двух недель помимо лекционных и семинарских занятий каждый учитель самостоятельно изготавливает учебный прибор, выполняет с ним эксперимент, готовит презентацию и выступает с сообщением о завершённом проекте. Например, участниками одной из групп курсов были изготовлены следующие приборы и экспериментальные установки: 1) прибор для демонстрации движения центра масс; 2) стробоскоп на логической микросхеме; 3) стробоскоп на таймере; 4) индикатор интенсивности звука; 5) генератор звуковой частоты; 6) ультразвуковой генератор низкой частоты; 7) термоэлектрический измеритель температуры; 8) регулятор напряжения для снятия вольтамперных характеристик; 9) индикатор разности потенциалов; 10) гауссметр на датчике Холла; 11) измеритель электрического заряда; 12) прибор для определения энергии заряженного конденсатора; 13) пьезоэлектрический источник высокого напряжения; 14) автогенератор демонстрационный на транзисторе; 15) левитрон на датчике Холла; 16) модели световодов; 17) борный люминофор. С этими приборами во время выступлений были продемонстрированы и обсуждены десятки учебных экспериментов.



5) организовывать урочную и внеурочную деятельность обучающихся, способствующую формированию их экспериментальных умений;

6) проектировать методику организации процесса научного познания учащихся при изучении различных вопросов и тем школьного курса физики.

Формирование перечисленных умений может быть достигнуто при условии, что программа курсов повышения квалификации включает три учебных модуля: *теоретический*, раскрывающий технологию организации проектной деятельности обучающихся; *экспериментальный*, обеспечивающий самостоятельное выполнение каждым слушателем курсов индивидуального проекта, посвященного учебному исследованию конкретного физического явления; *коммуникативный*, представляющий собой серию интерактивных занятий по результатам выполненных проектов. Таким образом, на курсах фактически моделируется организация проектной деятельности школьников в сфере физического образования.

Опыт проведения курсов повышения квалификации преподавателей физики средних и высших учебных заведений подтвердил возможность и целесообразность реализации представленного здесь подхода для подготовки учителей физики к организации проектной деятельности учащихся в школе.

## 6.7. Портфолио школьного учителя физики

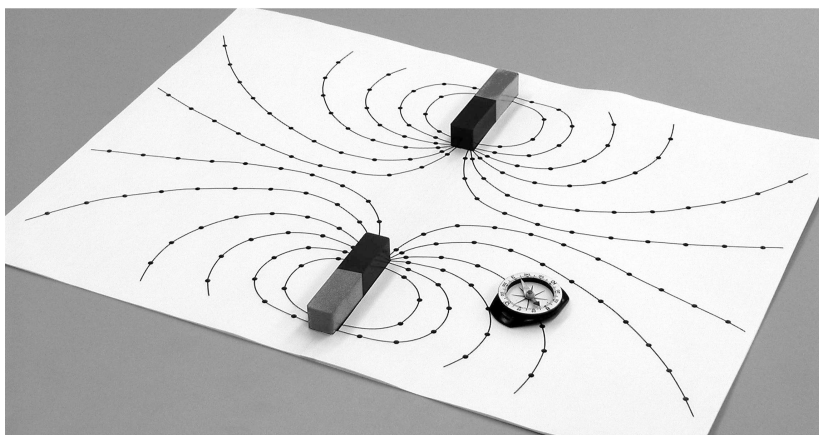
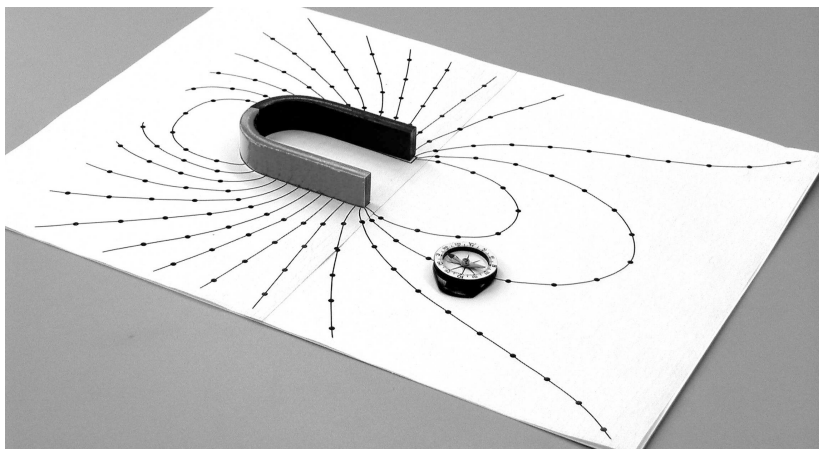
Учитель физики, работающий в школе, должен постоянно ощущать, что он отличается от любого другого учителя–предметника. Это отличие заключается в том, что только он в принципе может сформировать у учащихся современное мировоззрение и обучить основам метода научного познания.

Однако эта потенциальная возможность будет реализована лишь тогда, когда сам учитель непрерывно добывает новое для себя знание методами физической науки. Это новое знание относится к сфере учебной физики и включает, как уже отмечалось, учебную физическую теорию, учебный физический эксперимент и методику их изучения в школьном курсе физики.

В этой триаде наиболее слабым и самым уязвимым звеном является учебный физический эксперимент. В самом деле, не владея учебной теорией и методикой ее изучения, невозможно подготовить школьников к успешной сдаче ЕГЭ по физике. Вместе с тем преодоление ЕГЭ–барьера совершенно не зависит от уровня учебного эксперимента в школе, которую окончил выпускник.

**ФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ****ЛИНИИ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ**

Казалось бы нет ничего проще, чем линии индукции поля, создаваемого магнитом: достаточно посыпать железными опилками лежащий на магните лист пластика, как они тут же обозначатся. Но одно дело — спектр магнита, проявленный железным порошком, и совсем другое дело — понимание того, как этот спектр получается. Такое понимание будет достигнуто и навсегда останется в памяти, если школьник возьмет небольшой компас и сам по точкам одну за другой построит систему силовых линий магнитного поля постоянного полосового или подковообразного магнита. Сделать это можно в лабораторной работе физического практикума [41].



**ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ОПЫТ****ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКАЯ ИНДУКЦИЯ**

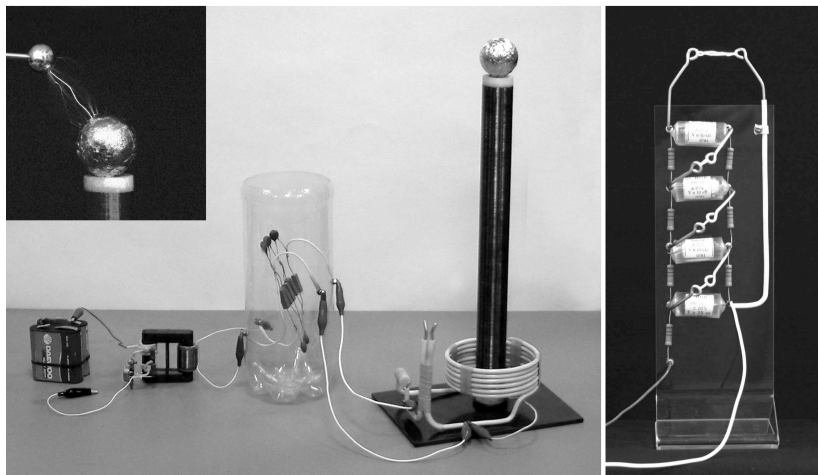
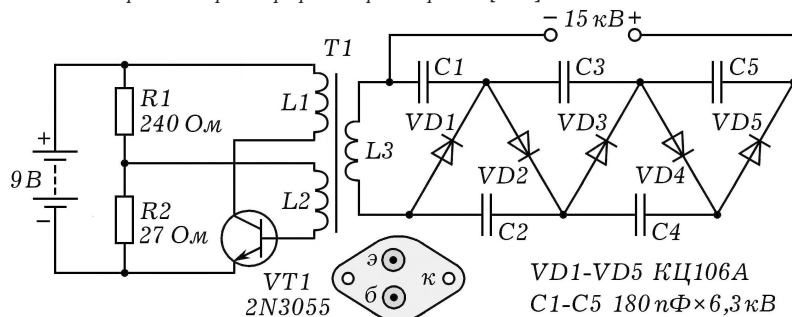
В штативе закреплены покрытый алюминиевой фольгой шар из пенопласта и расположенный рядом с ним небольшой металлический экран. Шар изолирован от штатива, а экран соединен с ним и, следовательно, заземлен. В верхней части штатива закреплена непроводящая нить электростатического маятника, пенопластовый шарик которого покрыт алюминиевой фольгой и находится между пластиной и большим шаром. Учитель электризует эбонитовую палочку и приближает ее к большому шару. При этом электростатический маятник начинает колебаться, и его шарик попеременно касается пластины и большого шара. Однако постепенно колебания затухают и наконец прекращаются совсем. Тогда учитель убирает эбонитовую палочку, и колебания вновь возобновляются с прежней интенсивностью! Ничего подобного не происходит, если наэлектризованную палочку поднести со стороны заземленной пластины. Опыт можно повторять многократно с неизменным успехом. Детальное объяснение его способствует развитию физического мышления учащихся [60].



## НОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ПРИБОР

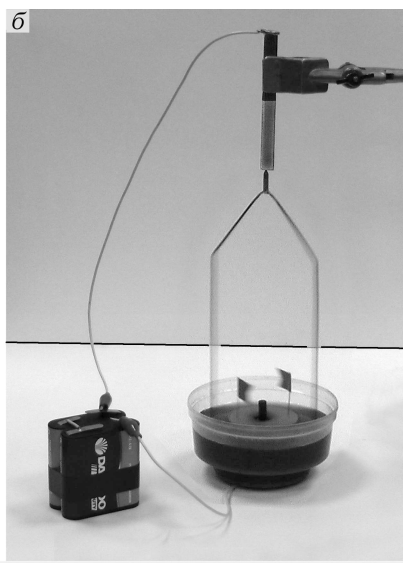
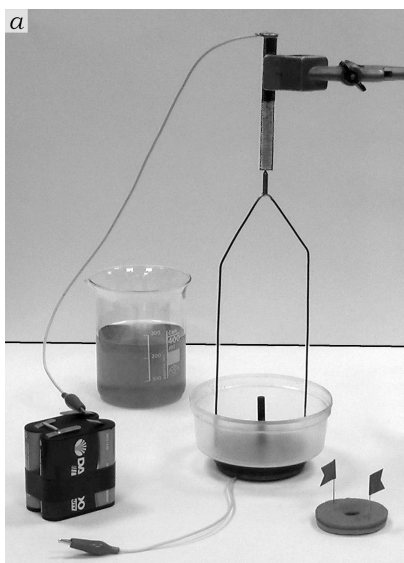
### ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ИСТОЧНИКИ НАПЯЖЕНИЯ

Специальное исследование показало, что знания подавляющего большинства выпускников об электрическом напряжении ограничиваются лишь определением этого понятия. Знания техники безопасности при работе с электрическими установками также оставляют желать лучшего. Причина в том, что в школе обычно не проводится учебный эксперимент с различными источниками электрического тока и напряжения. Здесь представлен комплект приборов для получения напряжений в десятки тысяч вольт от батареи напряжением 9 В. Комплект предназначен для самостоятельного изготовления школьниками и отличается безопасностью, простотой и доступностью. Основой комплекта является высоковольтный преобразователь напряжения, выполненный на одном транзисторе. В комплект также входят пятикаскадный умножитель напряжения, высокочастотный трансформатор Тесла и искровой трансформатор Маркса [45].



**НОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ****МОДЕЛЬ УНИПОЛЯРНОГО  
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ФАРАДЕЯ**

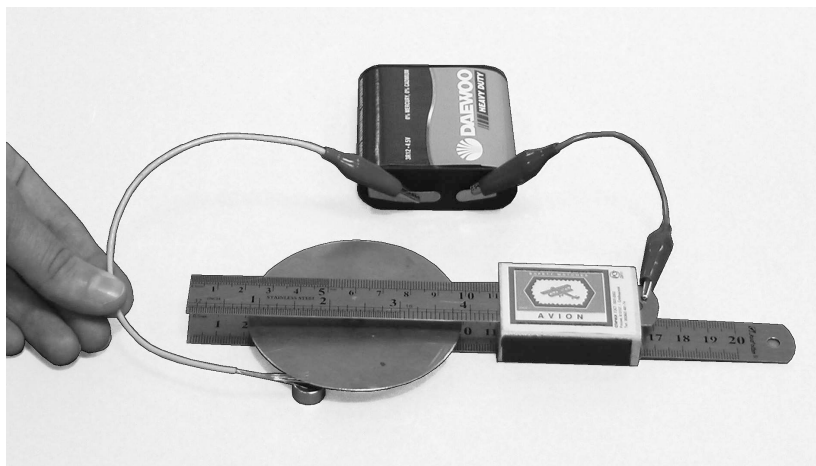
В 1821 году М. Фарадеем был создан первый электродвигатель, который получил название *униполярного*, поскольку для его работы необходим только один полюс магнита. В своем двигателе Фарадей использовал ртуть, применение которой в школьных опытах запрещено. Поэтому в учебной модели электродвигателя ртуть заменена электролитом. На фотографиях показаны набор деталей, необходимых для сборки модели униполярного двигателя Фарадея, и собранный электродвигатель в работе. На кольцевом керамическом магните расположен сосуд с водным раствором медного купороса, в центре которого закреплен графитовый электрод. Ротор из медной проволоки снабжен стальным острием, которым он подвешен к полюсу полосового магнита. Такой подвес ротора обеспечивает надежный электрический контакт и малое трение. При подаче напряжения между стальным острием и графитовым электродом ротор приходит в быстрое вращение. При этом электролит вращается в противоположную сторону, о чем можно судить по движению плавающего на поверхности плотика из изолона с установленными на нем флажками. Прибор, изготовленный учащимися на внеурочных занятиях, целесообразно использовать для постановки демонстрационного опыта на уроке [35].





**НОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ПРИБОР****МОДЕЛЬ КОЛЕСА БАРЛОУ**

В 1822 году П. Барлоу (Peter Barlow, 1776–1862) предложил новую конструкцию униполярного электродвигателя, названного впоследствии *колесом Барлоу*. Как и Фарадей, Барлоу в своем двигателе использовал ртуть, обеспечивающую надежный электрический контакт и малое трение. В учебной модели колеса Барлоу применение ртути исключено, поэтому нужно найти иное решение проблемы трения и контакта. На фотографии изображена простейшая модель колеса Барлоу, которую школьники могут изготовить самостоятельно на внеурочных занятиях или в домашней лаборатории. Для нее необходимы латунный диск с осью, концы которой заострены, неодимовый магнит, две металлические линейки, спичечный коробок, два отрезка гибкого многожильного провода и батарейка. Подобрав и изготовив необходимые детали, школьники собирают модель колеса Барлоу и прикасаются концом провода, соединенного с полюсом батарейки, к краю латунного диска над неодимовым магнитом. Диск начинает вращаться в направлении, которое определяется правилом левой руки. Учащиеся детально исследуют простейший униполярный электродвигатель, выявляют его достоинства и недостатки. При этом прочно усваиваются теоретические знания, относящиеся к действию магнитного поля на проводник с током, и формируются экспериментальные умения [34].



Таким образом, в совокупность профессиональных требований к учителю физики должно быть включено *требование непрерывной постановки и использования в практической деятельности новых учебных опытов по физике*. Указанная новизна может носить как объективный, так и субъективный характер, но она совершенно необходима, поскольку только осваивая новые для себя опыты, учитель все более прочно овладевает методом научного познания, следовательно, в состоянии в определенной степени обучить ему учащихся.

Здесь важна система. Выпускник высшего педагогического учебного заведения приходит в школу и попадает в физический кабинет уже в качестве учителя. Уровень оснащенности этого кабинета может быть самым различным. Однако в любом случае перед учителем помимо прочих должна быть поставлена *задача выполнения и полного описания в течение каждого рабочего месяца хотя бы одного нового для него учебного эксперимента из числа используемых в учебном процессе*.

Это вполне посильная задача, поскольку не требуется постановка каких-то определенных опытов. В среднем учитель должен осваивать всего один опыт в течение месяца, причем оборудование для опыта может быть как самодельным, так и промышленным. Описание эксперимента фиксируется в *электронном портфолио* учителя. Оно включает условия, результат и анализ опыта, графические и фотографические иллюстрации, видеоклипы и т. д.

Напомним, что под портфолио понимают отобранную на основе рефлексивного анализа коллекцию достоверных данных, демонстрирующих достижения индивидуума за определенный промежуток времени [99]. Портфолио учителя физики помимо экспериментального должно включать и другие разделы. Важно, чтобы форма портфолио была максимально простой, а его объем строго ограниченным. Например, полное описание одного эксперимента или прибора не должно превышать одной страницы.

В конце учебного года описания опытов, сосредоточенные в электронном портфолио учителя, обсуждается всеми учителями физики школы, подписывается директором, подпись заверяется. Теперь *портфолио является квалификационным документом учителя, без которого он не имеет права преподавать физику* в следующем учебном году данной или любой другой школы. И это справедливо: учитель, не осваивающий новых физических опытов, как уже отмечалось, не просто плохо учит физике, но и наносит прямой вред учащимся.

В конце следующего учебного года учитель наряду с предшествующей частью портфолио представляет следующую с осво-



енными им в течение года субъективно или объективно новыми экспериментами. Процедура обсуждения и принятия этих экспериментов повторяется. И так каждый год. Уже через пять лет учителя будет владеть 50-ю экспериментами, а через 10 лет их число возрастет до 100. За 30 лет работы учитель накопит в личном багаже не менее 300 разных учебных экспериментов. Эта цифра настолько внушительна, что если бы в самом деле была достигнута повсеместно, то перевела бы обучение физике на совершенно новую ступень.

Изложенные требования к школьному учителю физики, направленные на развитие его экспериментальной компетентности, в окружающей нас действительности выглядят чуть ли не утопией. Но они представляют собой тот минимум, выполнение которого может обеспечить реализацию основных положений ФГОС в современной школе. Программа–максимум должна включать воспитательную внеурочную деятельность учителя, связанную с организацией и выполнением совместных с учащимися исследовательских проектов в сфере учебной физики. Само собой разумеется, что учитель физики должен быть практически полностью избавлен от бумаготворческой деятельности, захлестнувшей все уровни отечественной образовательной системы.

## **6.8. Экспериментальные доказательства на уроках физики**

Главное, что должно быть сформировано в сознании учащихся при изучении физики, — это твердое убеждение, что любое положение физической теории должно быть доказано, подтверждено или обосновано экспериментом. Именно этим физика отличается от математики и предметов гуманитарного цикла, именно поэтому физика занимает центральное место среди предметов естественно-научной направленности.

Напомним, что под доказательством в широком смысле понимают любую процедуру установления истинности высказанного положения, которая может быть реализована как логическими рассуждениями, так и чувственным восприятием объектов и явлений непосредственно или опосредованно через приборы.

Специфика учебного процесса такова, что для доказательства существования явления, функциональной зависимости между физическими величинами или значения физической константы достаточно однократное проведение, описание или аудиовизуальная демонстрация учебного опыта или его научного прототипа. Последнее объясняется тем, что далеко не все опыты воспроизводимы

в условиях обучения. Те эксперименты, постановка которых в условиях учебного процесса затруднена или невозможна, а изучение необходимо, должны рассматриваться умозрительно, с опорой на учебники, видеофильмы, модельные демонстрации. Методика умозрительного доказательства состоит в рассмотрении условий опыта, его результата и их анализе, в ходе которого обосновывается соответствующее теоретическое положение.

Подобно тому, как на уроках математики учащихся учат методу логического доказательства, учитель физики должен сформировать у школьников потребность и умение проводить физические доказательства. Этого можно достичь, если учитель будет не просто излагать основные идеи теории, но и доказывать, что они адекватно отражают окружающую реальность. Наибольшей доказательной силой обладают выполнение и анализ натурального физического эксперимента, в ходе которого учащиеся непосредственно убеждаются, что изучаемое физическое явление действительно существует и его сущность верно отражается физической теорией [29].

Даже весьма простые теоретические положения нуждаются в строгом экспериментальном обосновании. Например, выше была рассмотрена ситуация, в которой электрический ток от источника проходит через лампу (см. стр.32). Выбрать правильный ответ на вопрос, относящийся к этой ситуации, смогла лишь четверть опрошенных школьников, хотя все они твердо знали закон Ома. Этот парадоксальный факт явно свидетельствует о формализме знаний, которыми обладают учащиеся.

Парадокс формализма объясняется тем, что нередко знания даются не на основе экспериментального исследования явлений, а путем заучивания текста учебника.

Чтобы исключить подобные парадоксы, содержание и методика обучения должны соответствовать требованиям ФГОС, то есть учащимся на уроке нужно предоставить возможность в процессе исследования физических явлений осуществлять экспериментальные доказательства.

Учитель, ставящий перед собой задачу экспериментального обоснования теоретических положений, при рассмотрении явления электрического тока в простейшей цепи может действовать следующим образом. На демонстрационном столе он собирает электрическую цепь из батарейки и соединенной с ней лампочки. Лампочка загорается, и учащиеся объясняют явление тем, что к ней от батарейки идет электрический ток.

Но как именно он идет: от одного полюса батарейки к другому ее полюсу, по пути зажигая лампочку, или сразу от обоих полюсов к лампочке и там, сталкиваясь, вызывает ее свечение? Учитель

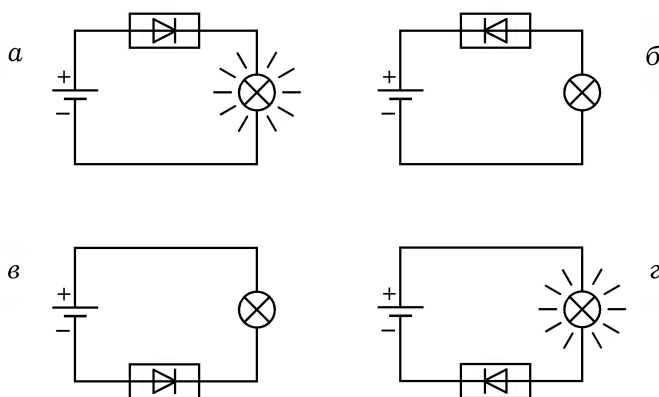


Рис. 6.10

предлагает выяснить это экспериментально, используя полупроводниковый диод, об односторонней проводимости которого учащиеся ничего не знают. Далее школьники под руководством учителя выполняют и анализируют серию опытов:

1) положительный полюс через диод соединяют с лампочкой — она горит (рис. 6.10 а);

2) переворачивают диод — лампочка гаснет; делают вывод: диод обладает односторонней проводимостью (рис. 6.10 б);

3) соединяют отрицательный полюс батарейки с лампочкой так, чтобы диод пропускал ток, предположительно идущий от этого полюса, — лампочка не горит (рис. 6.10 в);

4) переворачивают диод — лампочка загорается (рис. 6.10 г). Делают вывод: следовательно, электрический ток идет от положительного полюса источника через лампочку к отрицательному полюсу.

После полного усвоения этого вывода учитель обращает внимание на то, что на самом деле опыт не позволяет сделать обоснованное заключение, от какого полюса к какому именно полюсу идет электрический ток: с тем же успехом он может идти от отрицательного полюса к положительному. Но опыт доказывает, что ток идет обязательно в одном направлении и по замкнутой цепи. Поэтому направление тока в цепи выбрано произвольно: условились считать, что ток идет от положительного к отрицательному полюсу источника.

Таким образом, простейшая электрическая цепь изучается в процессе активной познавательной деятельности учащихся, исключая пассивное восприятие информации и усвоение ее лишь на уровне запоминания. Эта деятельность осуществляется методом

научного познания физического явления. В процессе выполнения серии экспериментальных доказательств учащиеся убеждаются не только в познаваемости реальных явлений, но и в ограниченности модельных представлений о них. Вместе с тем они начинают понимать, что физическая сущность реально существующих объектов проявляется в процессе их взаимодействия. Действительно, в приведенном примере удалось выяснить не только то, как идет электрический ток по замкнутой цепи, но и обнаружить новый класс проводящих тел, которые пропускают электрический ток лишь в одном направлении.

### 6.9. Эксперимент в школьной физике и ЕГЭ

В соответствии с современным ФГОС выпускник школы должен владеть основами научного метода познания физических явлений действительности. Это, в частности, означает наличие у выпускников сформированных умений аргументировать выполнявшимися в школе *реальными* опытами, а также изучавшимися *умозрительными* и *мысленными* экспериментами.

Выше уже обсуждался главный недостаток ЕГЭ — формализация процесса изучения физики в школе и, как следствие, формализм в знаниях, которые приобретают учащиеся. Введение ЕГЭ привело к тому, что школьники стали тратить на обучение значительно больше времени. Сейчас они учатся в школе с учителем, а после школы продолжают учиться дома с репетитором. Понятно, что ни о каком эксперименте репетиторы даже не помышляют. Вряд ли они задумываются и о методе научного познания. Массовое репетиторство стало причиной того, что у учащихся резко сократилось личное время, которое они могли бы посвятить любимому делу. Возникла проблема привлечения школьников к внеурочной проектной деятельности.

Но недостатки ЕГЭ при желании можно ослабить или даже превратить в достоинства. Для этого нужно ввести в ЕГЭ задания по *экспериментальному доказательству* существования физических явлений, функциональных зависимостей между физическими величинами, значений физических констант и практическому использованию физических явлений.

При этом нет необходимости в процессе экзамена ставить реальный физический эксперимент. Дело в том, что всякому натурному опыту предшествует и сопутствует умозрительный эксперимент, выполняемый в голове исследователя с идеальными моделями реальных объектов. Поэтому школьнику на экзамене достаточно

показать, что он отчетливо представляет себе условия и результаты реального эксперимента, корректно проводит их анализ.

Если наряду со знанием теории и умением решать задачи при сдаче ЕГЭ нужно будет уметь показывать владение экспериментальным доказательством, то учитель станет готовить таких выпускников, которые этим умением обладают. Это подтверждает опыт организации и проведения физических олимпиад различного уровня. Участникам таких интеллектуальных соревнований предлагаются наряду с теоретическими экспериментальные задачи [7]. Поэтому школьные учителя при подготовке учащихся к олимпиадам, помимо прочего, обращают внимание и на развитие экспериментальных умений отдельных школьников.

Основы методики использования в учебном процессе экспериментальных доказательств подробно изложены в монографии [29, с. 13–40]. Приведем в качестве примера несколько заданий из разных разделов школьного курса физики, которые в принципе могут быть включены в ЕГЭ.

1. *Свободное падение.* Докажите, что свободно падающее тело движется равноускоренно, причем ускорение свободного падения равно  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

2. *Эхолокация.* Предложите метод, позволяющий определить направление и расстояние до подводной лодки, находящейся в глубине.

3. *Хаотическое движение молекул.* Экспериментально подтвердите основное положение молекулярно–кинетической теории о беспорядочном тепловом движении молекул.

4. *Адиабатный процесс.* Опишите опыт, доказывающий, что при адиабатном расширении воздуха его температура снижается.

5. *Электрическая емкость.* Экспериментально докажите, что при увеличении расстояния между пластинами плоского конденсатора его емкость уменьшается.

6. *Работа электрического тока.* Экспериментально подтвердите справедливость закона Джоуля–Ленца.

7. *Фокусное расстояние линзы.* Рассмотрите опыт, позволяющий измерить фокусное расстояние собирающей линзы.

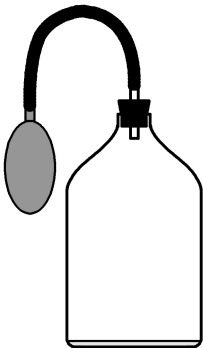
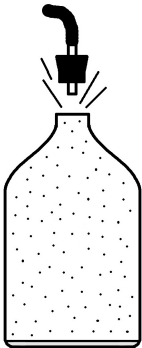
8. *Длина световой волны.* Предложите метод измерения длины волны зеленого света.

9. *Двойственная природа электрона.* Опишите мысленный эксперимент, в котором обнаруживаются волновые и корпускулярные свойства электронов.

10. *Структура атома.* Экспериментально докажите, что атомы состоят из небольших массивных положительно заряженных ядер и электронов, находящихся в электрическом поле ядер.

Для выполнения подобных заданий в рамках ЕГЭ можно предложить простую форму, определяющую содержание и ограничивающую объем ответа школьника (табл. 2).

Таблица 2

Адиабатический процесс. Опишите опыт, доказывающий, что при адиабатическом расширении воздуха его температура снижается.		
Условия	Результат	Анализ
 <p>Стенки стеклянного сосуда смачивают водой, отверстие закрывают пробкой с трубкой и насосом медленно накачивают в сосуд воздух.</p>	 <p>При определенном давлении пробка вылетает, и в сосуде образуется густой туман.</p>	<p>1. В сосуде при комнатной температуре находится насыщенный водяной пар. При вылете пробки давление в сосуде уменьшается быстро, поэтому теплообменом с окружающей средой можно пренебречь <math>Q = 0</math> и процесс считать адиабатическим.</p> <p>2. При адиабатическом расширении газ совершает положительную работу <math>A &gt; 0</math>. Тогда по первому закону термодинамики <math>Q = U_2 - U_1 + A = 0</math>. Отсюда <math>U_2 - U_1 &lt; 0</math>, следовательно, внутренняя энергия воздуха уменьшается, и его температура снижается.</p> <p>3. Пар становится перенасыщенным и конденсируется на имеющихся в воздухе пылинках в виде капелек тумана.</p>

Подводя итог, еще раз подчеркнем, что требуемое ФГОС освоение школьной физикой метода научного познания, включающего теоретический и экспериментальный компоненты, осуществимо при условии, что будут реализованы:

1) системная подготовка студентов в педагогических вузах к постановке самостоятельного учебного физического эксперимента на основе доступных в школе и быту приборов и материалов;

2) обеспеченное административными мерами требование непрерывного повышения квалификации учителя физики в области учебного эксперимента путем систематического освоения по крайней мере субъективно новых опытов;

3) введение в ЕГЭ по физике заданий по экспериментальному обоснованию или доказательству изучающихся в школьном курсе физики теоретических положений.

## **Глава 7**

# **НАУЧНЫЙ МЕТОД ПОЗНАНИЯ В ШКОЛЬНОЙ ФИЗИКЕ**

Обучение физике в школе согласно ФГОС направлено на становление и развитие личностных качеств учащихся. Выпускник должен быть мотивирован на творчество и инновационную деятельность, владеть основами научных методов познания действительности, осознавать ценность образования и науки, труда и творчества, отличаться креативностью и критичностью мышления. Достижение этих результатов обучения возможно лишь при условии осуществления повседневной и целенаправленной учебно-познавательной деятельности школьников на уроках, на внеурочных занятиях и у себя дома. Универсальным методом организации такой деятельности является система заданий исследовательского характера, предназначенных для самостоятельного выполнения учащимися под руководством учителя физики. В главе рассмотрена серия учебных исследований, относящихся к различным темам школьного курса физики и обеспечивающих реализацию деятельности школьников, направленной на усвоение основ метода научного познания [71, 76].

### **7.1. Обучение научному методу познания**

Чтобы учащиеся твердо усвоили основы научного метода познания, учитель совместно с учениками осуществляет учебно-исследовательскую деятельность на каждом уроке. Степень участия школьников в этой деятельности может быть различной. Она определяется характером учебного материала, дидактическими и воспитательными задачами, которые решаются на уроке. Однако в любой ситуации учащиеся должны быть вовлечены в активный или интерактивный познавательный процесс. С этой целью учитель обращает внимание класса на имеющиеся проблемы, формулирует исследовательские задания, вместе со школьниками выполняет исследования и находит решения поставленных проблем или предлагает учащимся выполнить задания полностью самостоятельно.

## Исследование 1

## Униполярный электродвигатель

**Задание.** В интернете встречаются видеоклипы, показывающие работу простейшего электродвигателя. Для его сборки можно использовать гальванический элемент, стальной шуруп с флажком из изолянты, неодимовый магнит цилиндрической формы и отрезок многожильного провода с очищенными от изоляции концами. Со шляпкой шурупа соединяют магнит и острием шурупа с магнитом подвешивают к стальному полюсу гальванического элемента. Со вторым полюсом источника соединяют конец провода. Другим концом провода прикасаются к боковой поверхности магнита и наблюдают, что магнит вместе с шурупом приходит в быстрое вращение (рис. 7.1). Требуется объяснить происходящее явление и убедиться в правильности данного объяснения.

**Выполнение.** Вместе со школьниками выясняют, что вращение магнита происходит только тогда, когда по замкнутой цепи проходит электрический ток.

Вспоминают, что подобные явления уже изучены, например, подковообразный магнит отклоняет провод, по которому идет ток (рис. 7.2 а). При этом направление силы Ампера, действующей на проводник, определяется правилом левой руки (рис. 7.2 б): если расположить ладонь левой руки по направлению тока так, чтобы линии магнитной индукции входили в нее перпендикулярно, то отогнутый большой палец покажет направление силы Ампера.

Вспоминают еще один аналогичный опыт, в котором магнит отклоняет пучок электронов (рис. 7.2 в). Этот опыт показывает, что магнитное поле действует на движущиеся заряды с силой Лоренца, направление которой также определяется правилом левой руки. Из этого опыта, в частности, следует, что электрический ток в проводнике представляет собой направленное движение электронов.

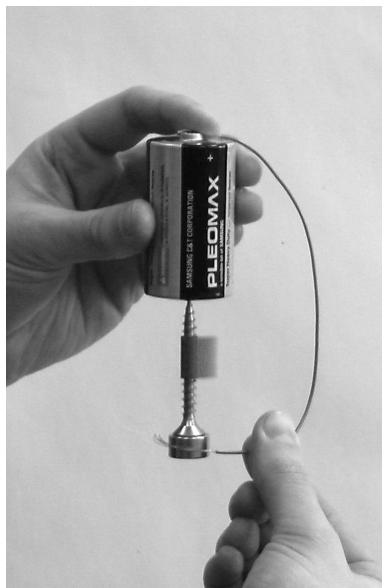


Рис. 7.1



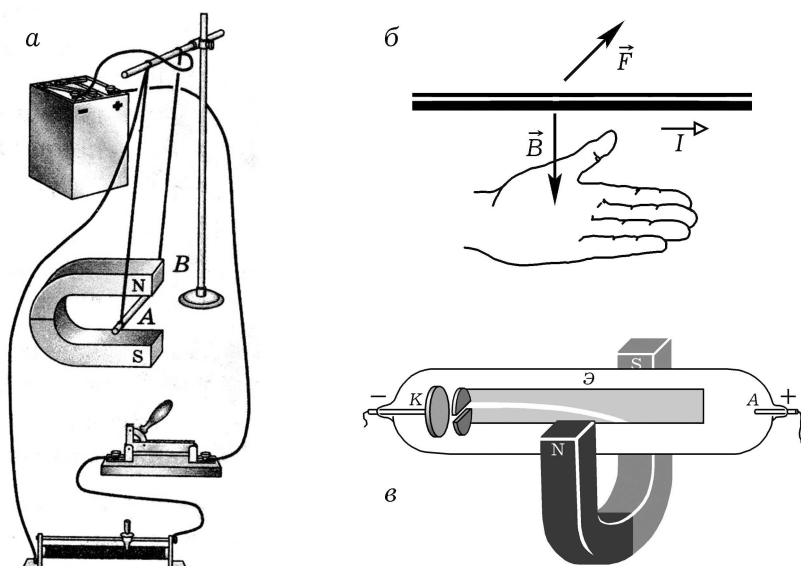


Рис. 7.2

Обобщая эти факты, можно предположить, что правилу левой руки подчиняются и другие явления направленного движения зарядов в постоянном магнитном поле. Поэтому естественно допущение, что мнемоническое правило левой руки позволяет объяснять, предсказывать и использовать на практике для достижения поставленных целей все физические явления, вызванные действием магнитного поля на электрический ток.

Как объяснить явление, обнаруженное в поставленном на уроке опыте? Наличие в экспериментальной установке (рис. 7.1) источника тока и постоянного магнита наводит, по аналогии с опытами прошлых уроков, на мысль, что вращение неодимового магнита происходит в результате действия силы со стороны магнитного поля на электрический ток. Эту догадку нужно обосновать теоретически и проверить экспериментально.

Теоретическое обоснование гипотезы состоит в построении линий индукции магнитного поля  $\vec{B}$  и линии тока  $I$ , идущего от периферии к центру магнита по проводящей поверхности его полюса [48]. Проводник с током образован узкой полоской от центра магнита  $O$  до точки контакта  $A$  (рис. 7.3). Направление действующей на него силы Ампера  $\vec{F}'$  определяется правилом левой руки. Именно эта сила приводит соединенный с шурупом магнит во вращение.

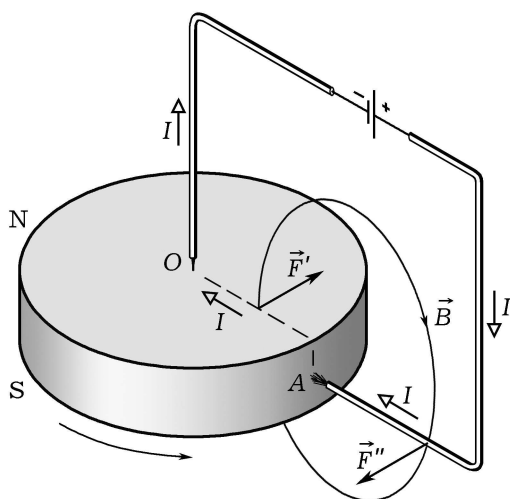


Рис. 7.3

Получившийся электродвигатель содержит: 1) ротор, которым является неодимовый магнит; 2) коллектор, состоящий из конца провода, касающегося боковой поверхности магнита; 3) источник электрического тока; 4) статор, функцию которого выполняет провод, соединяющий источник с коллектором. Острие шурупа представляет собой подшипник скольжения с малым трением. Такой электродвигатель называется *униполярным*, так как для обеспечения его работы принципиально важно, чтобы на электрический ток действовала сила Ампера со стороны только одного полюса.

Однако сила Ампера действует не только на ротор, но и на статор. Действительно, так как идущий по проводу статора электрический ток находится в магнитном поле ротора, то по правилу левой руки на него действует сила Ампера  $\vec{F}''$ , направленная противоположно силе  $\vec{F}'$  (рис. 7.3).

Чтобы полученные логически следствия теоретической модели проверить на опыте, нужно сделать такой униполярный электродвигатель, в котором могут вращаться как ротор, так и статор. Для этого можно использовать следующее оборудование (рис. 7.4 а): 1 — цилиндрические неодимовые магниты; 2 — рамка, изогнутая из медной проволоки; 3 — стальной шарик от подшипника, припаянный к рамке; 4 — флажки из разноцветной изолянт; 5 — небольшой неодимовый магнит для подвешивания гальванического элемента 6 к рамке; 7 — изолирующая прокладка. Прибор собирают, как показано на рис. 7.4 б, поместив изолирующую прокладку

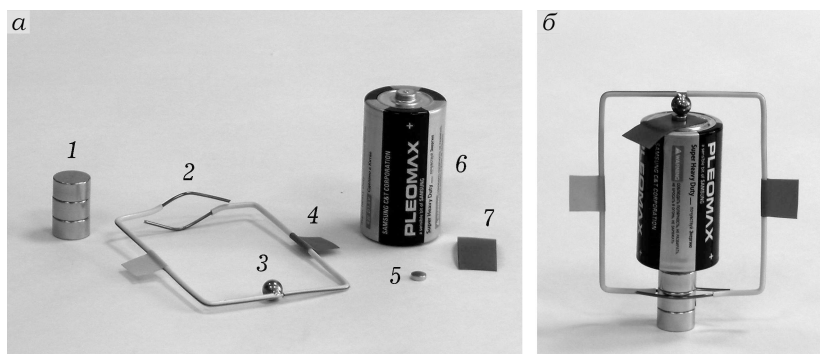


Рис. 7.4

между полюсом гальванического элемента и шариком, закрепленным на рамке.

Экспериментальная проверка состоит в установлении соответствия направлений вращения ротора и статора униполярного электродвигателя правилу левой руки. Для этого выполняют эксперимент: на стержень подвешивают подковообразный магнит и приближают к нему электродвигатель неодимовыми магнитами. По отклонению подковообразного магнита определяют полюса неодимового (рис. 7.5).



Рис. 7.5

Затем ставят униполярный двигатель на стол, убирают изолирующую прокладку и убеждаются, что проводящая рамка вращается в направлении, определяемом правилом левой руки (рис. 7.6 а). За рамку поднимают двигатель вверх и показывают, что неодимовые магниты вместе с гальваническим элементом вращаются в противоположную сторону (рис. 7.6 б). Делают вывод, что эксперимент подтверждает следствия теоретической модели (рис. 7.3), поэтому

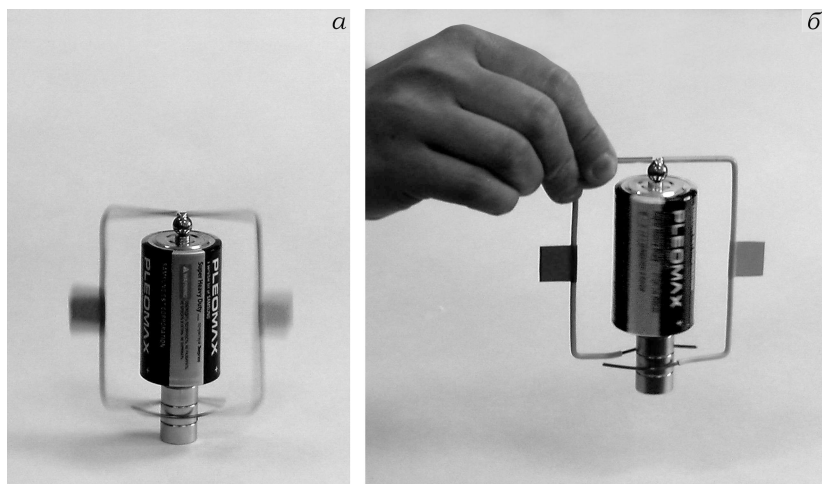


Рис. 7.6

гипотезу, выдвинутую для объяснения исследуемого физического явления (рис. 7.1), нужно считать верной.

Завершая рассмотрение процесса обучения методу научного познания при исследовании униполярного электродвигателя, обращаем внимание на то, что при достаточной подготовке учителя время, необходимое для выполнения вместе со школьниками этого учебного исследования, занимает не более трети урока.

## 7.2. Применение изученного физического явления

Продолжением цикла научного познания на уроке является внеурочная проектная деятельность по разработке практического применения исследованного физического явления. На уроке учитель может обсудить проблему, сформулировать задание и определить учащихся, заинтересованных в решении этой проблемы. Вне урока школьники получают консультации и выполняют задание в кабинете физики или дома. Результаты этой деятельности демонстрируются учащимися на одном из следующих уроков.

Учитель во время урока, обращаясь к классу, говорит, что в настоящее время во многих странах, ведутся работы по созданию электромобиля. Эта информация может заинтересовать учащихся настолько, что вызовет желание на основе проведенного на уроке исследования униполярного электродвигателя сконструировать действующую модель электромобиля [125]. Выполнение такого проекта целесообразно перенести во внеурочную деятельность учащихся и учителя.

## Исследование 2

## Электродвигатель для рельсовой тележки

**Задание.** Используя исследованный на уроке униполярный электродвигатель (рис. 7.1), сконструируйте модель двигателя для электромобиля. Модель должна быть максимально простой и подтверждать принципиальную возможность создания транспортного средства на основе униполярного электродвигателя.

**Выполнение.** Школьники должны догадаться, что ротор униполярного электродвигателя можно использовать в качестве колеса, а простейшая устойчивая тележка состоит из двух колес, насаженных на общую ось. Так они приходят к идее соединить два одинаковых неодимовых магнита стальной осью, поставить их на проводящие рельсы и подключить рельсы к источнику питания (рис. 7.7 а).

Собрав экспериментальную установку, учащиеся нередко убеждаются, что модель тележки никуда не движется. Эта неудача — повод внимательно разобраться с теорией. Последовательное применение правила левой руки (рис. 7.7 б) позволяет понять, как должны быть расположены магниты, и куда будет двигаться составленная из них колесная пара при определенной полярности напряжения между рельсами.

Целесообразно предложить школьникам измерить силу тока, который потребляется колесной парой, стоящей на рельсах. Они убеждаются, что униполярный электродвигатель работает в режиме короткого замыкания, следовательно, батарея гальванических элементов быстро выйдет из строя. Учащиеся обычно сами приходят к мысли, что в подобных устройствах практичнее использовать аккумулятор.

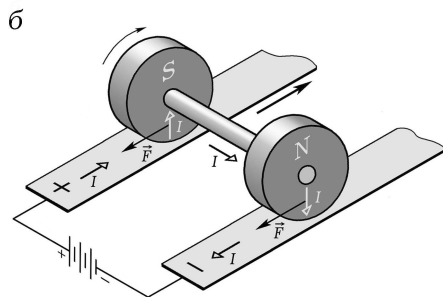
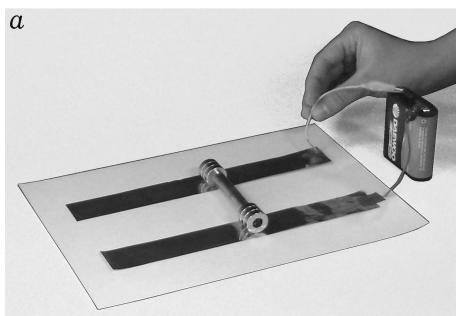


Рис. 7.7

## Исследование 3

## Электротележка без рельсов

**Задание.** Представьте, что заводской цех имеет металлический пол. На основе униполярного электродвигателя разработайте конструкцию движителя тележки, которая могла бы перемещаться по цеху в любом нужном направлении.

**Выполнение.** Это проект учащиеся вполне могут выполнить полностью самостоятельно, если они знакомы с результатом предыдущего проекта. Идея заключается в том, что цилиндрический источник тока можно использовать в качестве оси тележки. Соединив им неодимовые магниты, полюсы которых обращены навстречу, школьники получают колесную пару, которая может двигаться по ровной проводящей поверхности (рис. 7.8). В качестве источника тока для этого движителя лучше использовать аккумулятор.

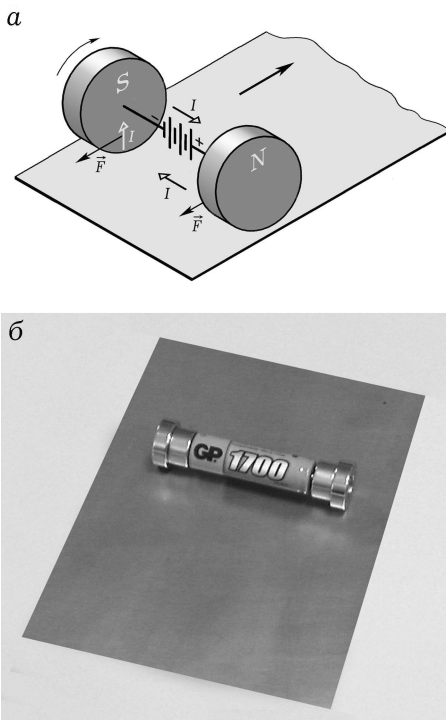


Рис. 7.8

## Исследование 4

## Модель электромобиля

**Задание.** Используя униполярный электродвигатель, сконструируйте модель электромобиля, которая может двигаться по любой ровной поверхности.

**Выполнение.** Если школьники знакомы с опытом, показанным на рис. 7.8, то они должны сообразить, что для решения проблемы достаточно провод, замыкающий проводящие поверхности неодимового магнита, включить в состав тележки. Простейшая конструкция прибора показана на рис. 7.9. Неодимовые магниты на аккумуляторе установлены так, что как только провод накидывается на них, модель тележки бежит вперед.

Во всех рассмотренных здесь исследованиях совпадение результата эксперимента с теоретическим предвидением вызывает неподдельное изумление и искренний восторг школьников!

Таким образом, использование метода научного познания при изучении действия магнитного поля на проводник с током позволяет вызвать познавательный интерес учащихся при наблюдении незнакомого явления; помочь им интерпретировать его, распознав в исследуемом явлении действие изученных законов; построить теоретическую модель явления, получить из нее следствия и проверить их в эксперименте; сделать важный вывод о возможности практического использования нового для них явления и подтвердить этот вывод экспериментально, оценив силу научного предвидения.



Рис. 7.9

Такого рода исследовательские и проектные задания для учащихся должны быть систематическими, пронизывая все важнейшие темы школьного курса физики. Без построения системы познавательной, инновационной и творческой проектной деятельности учащихся конкурентоспособного школьного образования не получится.

Необходима модернизация всего школьного физического эксперимента [58]. Из средства наглядности он должен превратиться в неотъемлемую органическую часть метода научного познания. Школьный эксперимент должен обеспечивать приобретение уча-



щимися опыта деятельности, необходимого для включения в самостоятельную жизнь в современном мире научных знаний, информационных ресурсов и технологических достижений.

### **7.3. Получение и систематизация экспериментальных фактов**

Получение экспериментальных фактов требует умений наблюдать, описывать, систематизировать и делать выводы. Учебные исследования, направленные на формирование этих умений, многим учителям хорошо известны, но не везде они проводятся, причем по разным причинам. Одна из причин — шаблонность и трафаретность экспериментальных заданий. Между тем, доступные продукты современной технологии позволяют обновлять содержание исследований школьников, делая их оригинальными, захватывающе интересными и существенно развивающими познавательные и творческие способности учащихся.

Все с детских лет знают, что железо магнитится, но мало кто со школьной скамьи помнит, что не только ферромагнетики, но и вообще все окружающие тела обладают магнитными свойствами. Причина проста: относительно слабое магнитное воздействие на парамагнетики и диамагнетики наблюдать трудно. Ставшие в последнее время доступными сильные постоянные магниты позволяют школьникам обнаруживать и исследовать эти свойства [76].

#### **Исследование 5 Магнитные свойства вещества**

**Задание.** Используя мощные неодимовые магниты, исследуйте все доступные вам вещества на их магнитные свойства. Магнитное взаимодействие может оказаться слабым, поэтому придумайте и соберите простую экспериментальную установку, позволяющую наблюдать действие небольших сил притяжения и отталкивания. Систематизируйте обнаруженные явления и, пользуясь любыми доступными источниками информации, найдите им объяснение.

**Выполнение.** Школьники часто берутся за реализацию первой идеи, пришедшей им в голову. Скорее всего, такой идеей будет сделать что-то вроде крутильных весов или подвеса, вращающегося на острие подобно магнитной стрелке. Функция учителя в этом случае заключается в организации подробного обсуждения высказанной идеи и способов ее практической реализации. В процессе такого обсуждения школьники в состоянии самостоятельно догадаться, что проще всего обнаружить небольшие силы, если



поместить исследуемое вещество на плавающее тело. Дальнейшую реализацию этой идеи можно полностью предоставить учащимся.

Они готовят цилиндрические неодимовые магниты, плоский пластиковый сосуд с водой, пластину изолона или пенопласта.

Из изолона вырезают плотик, на нем закрепляют образец исследуемого вещества, плотик помещают на поверхность воды в сосуде и к образцу приближают неодимовый магнит (рис. 7.10). Исследованные вещества классифицируют по трем признакам: сла-

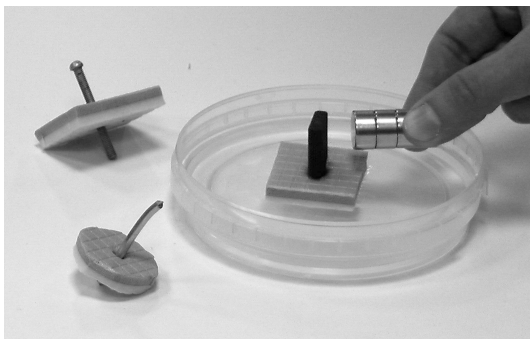


Рис. 7.10

бо отталкиваются (диамагнетики), слабо и сильно притягиваются (парамагнетики и ферромагнетики). Дальнейшие сведения школьники получают из объяснения учителя, чтения текста учебника и изучения дополнительных источников информации.

Свойства	Притягиваются сильно	Притягиваются слабо	Отталкиваются слабо
Вещества	Железо Сталь Чугун Никель Феррит	Алюминий Свинец Цирконий Пластидин Парафин Мел Резина Хлорное железо	Графит Олово Медь Соль поваренная Сахар Стекло Вода Серебро Золото
Выводы	Ферромагнетик	Парамагнетик	Диамагнетик

## 7.4. Метод модельных гипотез

Модель в цикле научного познания имеет качественный (физический) и количественный (математический) компоненты. Модельная гипотеза дает качественное объяснение физического явления.

Учащийся понимает физическое явление, если представляет себе его физическую сущность, то есть построил в своем сознании качественную модель этого явления. Критерием понимания сути явления служит способность школьника объяснить это явление так, чтобы было достигнуто его понимание другим человеком.

### Исследование 6

#### Взаимодействие проводника с магнитом

**Задание.** Подготовьте один или несколько цилиндрических неодимовых магнитов диаметром 15 мм и толщиной 7 мм, образец алюминия толщиной не менее 2 мм, плоский пластиковый сосуд с водой, пластину изолона или пенопласта. Исследуйте особенности взаимодействия магнита и алюминиевого образца. Объясните полученные результаты.

**Выполнение.** Образец алюминия устанавливают на плотике, плавающем на поверхности воды (рис. 7.11). Медленно приближая к нему магнит, школьники обнаруживают, что алюминий слабо притягивается к магниту, то есть является парамагнетиком. При

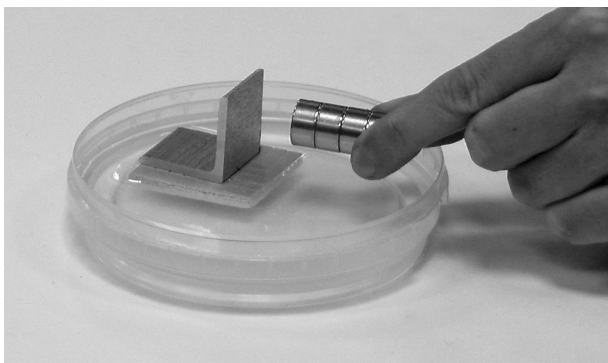


Рис. 7.11

быстром приближении магнита к алюминиевому образцу он отталкивается от магнита, а при быстром удалении — притягивается к нему.

Это новое и неожиданное для школьников явление требует создания модельной гипотезы. Анализ экспериментальных фактов приводит к заключению, что наблюдаемое взаимодействие не может быть ни гравитационным, ни электростатическим. Оно также не является и взаимодействием вещества с магнитом (исследование 5). Отличается обнаруженное взаимодействие тем, что оно наблюдается только при быстром движении магнита относительно проводника.

Школьники должны догадаться, что наблюдаемое в опыте явление связано с электромагнитной индукцией. При изменении магнитного потока возникает вихревое электрическое поле. Если в области этого поля находится проводник, в нем возникает вихревой электрический ток. Но индукционный ток сам создает магнитное поле. Значит, можно допустить, что посредством магнитных полей взаимодействуют индукционный ток с постоянным магнитом.

Эта модельная гипотеза логически непротиворечиво объясняет явление. Но чтобы окончательно убедиться в ее справедливости, необходимо экспериментально подтвердить, что суть явления заключается в электромагнитной индукции.

Учащиеся должны вспомнить, что индукционный ток в соответствии с правилом Ленца имеет такое направление, при котором созданное им магнитное поле препятствует причине, вызвавшей этот ток. А в соответствии с законом Фарадея ЭДС индукции пропорциональна скорости изменения магнитного потока. Наконец, по закону Ома сила тока в проводнике тем больше, чем меньше сопротивление проводника. Опираясь на эти твердо установленные факты, школьники вместе с учителем приходят к выводу, что причина наблюдаемого ими явления состоит именно в электромагнитной индукции.

Важно также проверить вытекающее из гипотезы следствие: если увеличить сопротивление образца, сила кругового индукционного тока уменьшится, и наблюдаемое магнитное взаимодействие станет слабее. Этот вывод можно подтвердить экспериментально на известном демонстрационном приборе (рис. 7.12) — маятнике, груз которого выполнен в виде алюминиевой пластины и колеблется между полюсами электромагнита: разрезанная пластина тормозит медленнее, чем сплошная [14].

Наконец, необходимо прямое подтверждение существования индукционного тока в проводнике и справедливости правила Ленца. Имеющиеся в школьном кабинете физики готовые приборы не позволяют этого сделать потому, что невозможно определить направления намоток катушек этих приборов. В экспериментальном исследовании школьники сами изготавливают катушки и, следовательно, знают, как они намотаны. В упрощенном варианте в задании прямо указываются параметры катушки, в более сложном — сообщается только идея исследования.

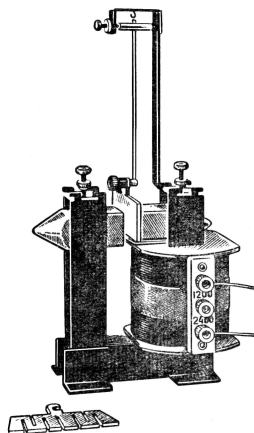


Рис. 7.12

## Исследование 7

## Электромагнитная индукция и правило Ленца

**Задание.** Используя стальной болт с гайкой в качестве сердечника, намотайте на нем катушку из примерно 500 витков медного изолированного провода диаметром около 0,2 мм. На торцы болта наклейте амортизирующие прокладки из изолона. Подготовив неодимовый магнит, батарею на 3 В, два светодиода разного свечения, например, красный и синий, поставьте эксперимент, доказывающий существование электромагнитной индукции и подтверждающий правило Ленца.

**Выполнение.** Возможный вариант конструкции установки и проведения эксперимента представлен на рис. 7.13. Светодиоды, включенные параллельно и встречно друг другу в цепь катушки,

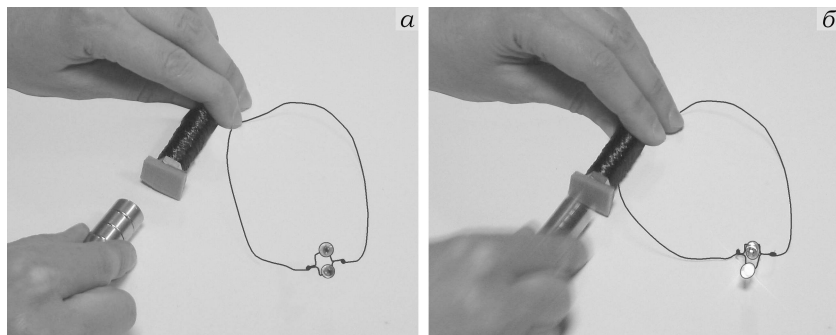


Рис. 7.13

поочередно вспыхивают при быстром приближении магнита к катушке и при удалении от нее, указывая на изменение направления тока в соответствии с правилом Ленца. Направление тока, вызывающего свечение светодиодов, определяют с помощью батареи.

## 7.5. Измерение физических величин

Формирование умений измерять осуществляется в большинстве школьных лабораторных работ. Поэтому в сознании учащихся нередко смысл лабораторного эксперимента, к сожалению, сводится к получению результата измерения и вычислению его погрешности. Упускается из виду экспериментальное доказательство существования изучаемого явления, обоснование следствия физической теории, практическая значимость явления. Этому способствует проведение лабораторных работ на готовом оборудовании, исключая сборку экспериментальных установок, и применение примитивных измерительных приборов, специально выпускаемых

для школы. Положение может быть исправлено, если в лабораторных опытах использовать установки, собранные руками учащихся, и современные измерительные приборы, предназначенные, главным образом, для применения в быту.

### Исследование 8

#### Измерение индукции магнитного поля Земли

**Задание.** Используя соленоид, источник тока, реостат, амперметр и магнитную стрелку, измерьте модуль горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли.

**Выполнение.** При обсуждении проблемы с учителем школьники замечают, что магнитное поле внутри соленоида однородно так же, как в небольшом объеме однородно магнитное поле Земли. Далее они приходят к выводу, что если однородные магнитные поля действуют на магнитную стрелку в перпендикулярных направлениях, то при равенстве по модулю индукций этих полей стрелка установится под углом  $45^\circ$  к направлениям этих полей.

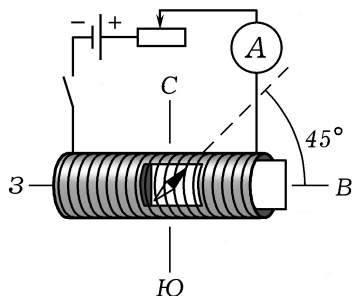


Рис. 7.14

Возможный вариант установки приборов для измерения индукции магнитного поля Земли предложен, например, в статье [115] и представлен на рис. 7.14. На бумажную трубку намотан изолированный провод (например, 100 витков). Внутри получившегося соленоида на полоске картона установлена магнитная стрелка. Для наблюдения за поведением стрелки в трубке прорезано окно.

Для измерения соленоид располагают так, чтобы его ось была перпендикулярна магнитному меридиану (оси магнитной стрелки). Обмотку соленоида через реостат и амперметр подключают к источнику тока. При помощи реостата подбирают такую силу тока, чтобы стрелка отклонилась от начального положения на  $45^\circ$ . При этом модуль горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли равен:

$$B = \mu_0 \frac{IN}{l},$$

где  $\mu_0$  — магнитная постоянная,  $I$  — сила тока в соленоиде,  $N$  — число витков и  $l$  — длина соленоида.

Необходимую для выполнения лабораторного исследования экспериментальную установку учащиеся вполне могут сделать само-

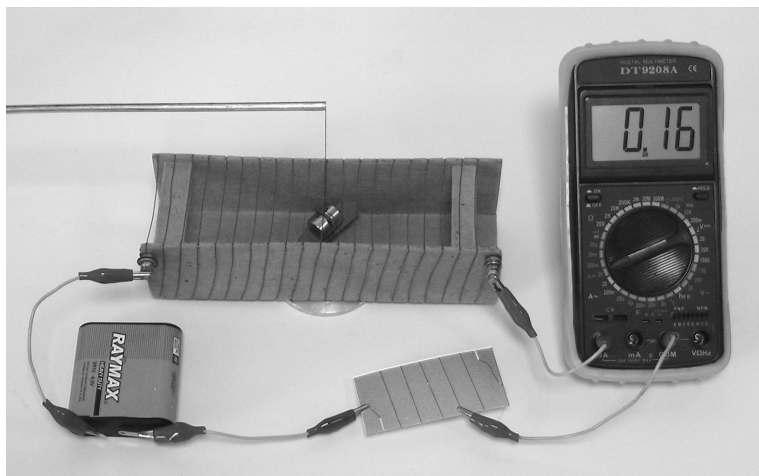


Рис. 7.15

стоятельно в рамках соответствующего проекта. При этом возможны самые различные варианты, один из которых показан на рис. 7.15. На склеенном из плотного картона каркасе квадратного сечения намотан соленоид из 20 витков медного провода диаметром 0,6 мм, расстояние между которыми примерно 1 см. Внутри соленоида находится подвешенная на нити магнитная стрелка, составленная из двух неодимовых магнитов. Соленоид поставлен на алюминиевый диск, выполняющий функцию индукционного демпфера для находящейся над ним магнитной стрелки. Силу тока измеряют мультиметром и регулируют посредством самодельного реостата, намотанного нихромовым проводом на пластинке картона.

При изготовлении установки и выполнении на ней лабораторной работы учащиеся развивают теоретические и экспериментальные умения, поскольку реализуют полный цикл научного познания. Подчеркнем, что при этом они еще учатся работать руками, осваивают современный электроизмерительный прибор и повышают свою научную грамотность, поскольку имеют дело с материалами и приборами, встречающимися на каждом шагу.

## 7.6. Установление функциональной зависимости

Такого рода исследовательские умения лучше всего формируются в процессе эвристических лабораторных работ, когда исследуемая зависимость величин, характеризующих явление, школьникам еще не известна. Например: зависимость силы тяжести от массы тела, силы упругости от деформации тела, сопротивления прово-

локи от ее длины и площади поперечного сечения, температуры от времени при фазовом переходе вещества из жидкого в твердое состояние, угла преломления от угла падения света, силы фототока от напряжения на фотоэлементе и др. [106]. Проведенное исследование должно быть оформлено учеником в тетради и содержать, как минимум, название исследования, схему экспериментальной установки, порядок выполнения опыта, таблицу полученных результатов измерений, график зависимости измеряемых величин и заключение.

### Исследование 9

#### Зависимость силы упругости от деформации

**Задание.** Имея в своем распоряжении пружинный динамометр и измерительную линейку, определите зависимость силы упругости пружины от ее деформации.

**Выполнение.** Вместе с учащимися выясняют или вспоминают, что сила характеризуется направлением и величиной или модулем. Если направление силы в исследовании не меняется, то нет особого смысла каждый раз навязчиво уточнять, что речь идет о модуле силы, но иметь это в виду нужно.

Нагружают динамометр разными грузами (рис. 7.16 а) и в таблицу заносят значения силы упругости и удлинений пружины. Строят график соответствующей зависимости (рис. 7.16 б) и анализируют его. Поскольку график представляет собой прямую, проходящую через начало координат, приходят к выводу, что функциональная зависимость силы упругости от деформации описывается математической формулой  $f = kx$ .

Гипотеза в данном случае состоит в предположении, что экспериментально наблюдаемая закономерность в частном опыте является общей: при упругой деформации любого твердого тела модуль силы упругости прямо пропорционален деформации. После многочисленных проверок эта гипотеза получила статус закона Гука.

Методика работы учителя по организации исследований состоит в следующем. Перед учащимися ставится последовательно ряд вопросов: 1) Какой опыт позволяет изучить данное явление? 2) Какое оборудование для этого потребуется? 3) Как убедиться в том, что в выбранном эксперименте действительно можно наблюдать изучаемое явление? 4) Какие измерения необходимо произвести? 5) Как нужно систематизировать результаты измерений? 6) Каким математическим соотношением можно выразить функциональную зависимость измеряемых физических величин? 7) Какие следствия можно получить из построенной модели явления? 8) Как осуществить экспериментальную проверку теоретических выводов? По-



сле удовлетворительных ответов учащиеся самостоятельно выполняют исследование, а учитель наблюдает за их работой и оказывает необходимую помощь.

Получив результаты эксперимента, осуществляют их *интерпретацию*. Опыт показывает, что сила упругости  $f$  прямо пропорциональна деформации  $x$ . Коэффициент пропорциональности  $k$  называется *жесткостью*. Он характеризует качество пружины, поскольку чем больше жесткость, тем больше сила упругости при той же деформации пружины. Значение жесткости пружины, использованной в опыте:  $k = f/x = 4/0,1 = 40$  (Н/м).

Так как наименьшая относительная погрешность измерения силы  $\Delta f/f = 0,1/4 = 0,025 = 2,5\%$ , а деформации  $\Delta x/x = 1/100 = 0,01 = 1\%$ , то относительная погрешность найденного в опыте значения жесткости пружины динамометра  $\delta k = \delta f + \delta x = 3,5\%$ .

Делают заключение: задача исследования полностью выполнена, так как найдена искомая зависимость силы упругости от деформации пружины. Однако деформация пружины исследовалась в сравнительно небольших пределах, поэтому не факт, что найденная зависимость окажется справедливой при любой деформации. Кроме того, в эксперименте имела место только де-

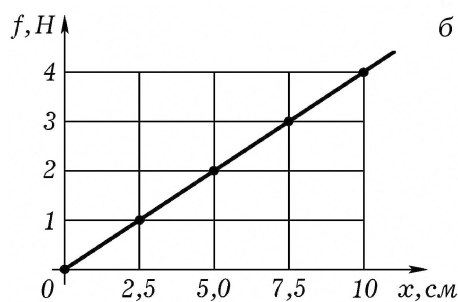
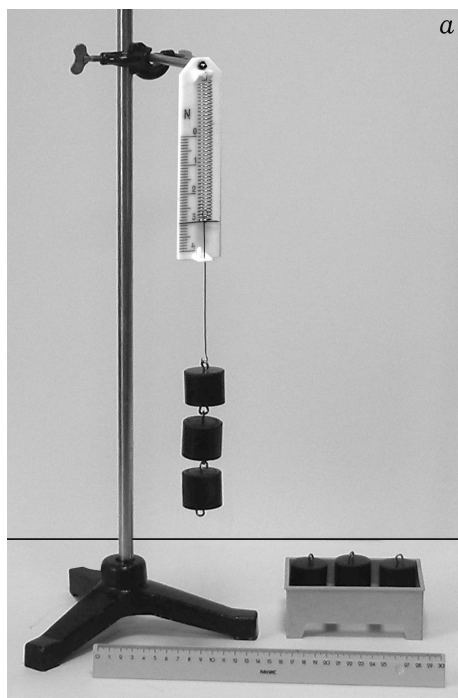


Рис. 7.16

формация растяжения, поэтому делать вывод о таком же характере зависимости при деформации сжатия пружины нет оснований.

Изложенное показывает, что в процессе учебно-исследовательской деятельности учитель формирует и оценивает не только знания учащихся, но и их способность самостоятельно мыслить и действовать. Центр тяжести труда школьников переносится с домашней работы по заучиванию материала на творческую деятельность во время урока, как это и должно быть.

## 7.7. Математическая модель и ее следствия

Теоретический метод исследования заключается в том, что в рамках определенной модели, используя известные функциональные зависимости между физическими величинами, чисто математическими средствами формально получают новые функциональные зависимости. В простейших случаях это выглядит как вывод из известных формул новых, то есть выполнение таких математических преобразований, в результате которых получаются новые формулы. Эти новые формулы *предсказывают* возможность существования еще неизвестных явлений или зависимостей, но отнюдь не обязательно в самом деле описывают реальность. Поэтому они нуждаются в *интерпретации* и *экспериментальном обосновании*.

Развивая исследование 9, можно высказать предположение, что так как при деформации пружины возникает сила, то деформированная пружина обладает потенциальной энергией. Но как связана потенциальная энергия с деформацией? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно провести теоретическое исследование.

### Исследование 10

#### Потенциальная энергия деформированной пружины

**Задание.** Считая, что сила упругости определяется законом Гука, найдите аналитическое выражение для потенциальной энергии деформированной пружины.

**Выполнение.** Экспериментально обоснованное в исследовании 9 выражение  $f = kx$  зависимости модуля силы упругости  $f$  от деформации  $x$  нетрудно преобразовать и получить формулу для потенциальной энергии растянутой пружины.

Вместе с учащимися анализируют график зависимости силы упругости от деформации пружины (рис. 7.17). Пусть пружина силой  $f$  растянута на величину  $x$ . Если деформировать ее дальше на малую величину  $\Delta x$ , то можно считать, что при этом сила  $f$  не изменилась. Но работа силы, совпадающей по направлению с

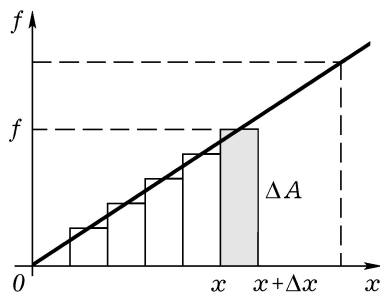


Рис. 7.17

перемещением тела, равна произведению модулей силы и перемещения  $\Delta A = f \Delta x$ . По графику видно, что эта элементарная работа численно равна площади узкого прямоугольника со сторонами  $f$  и  $\Delta x$ .

Если пружина деформируется от 0 до  $x$ , то работа деформации, очевидно, равна сумме работ на всех малых участках  $\Delta x$ , составляющих интервал от 0 до  $x$ . Это означает, что искомая работа численно равна площади под графиком зависимости силы от величины деформации:

$$A = \frac{1}{2} f x = \frac{kx^2}{2}.$$

Обобщая полученный результат, можно предположить, что при упругой деформации величиной  $x$  любое тело обладает потенциальной энергией

$$W = \frac{kx^2}{2}.$$

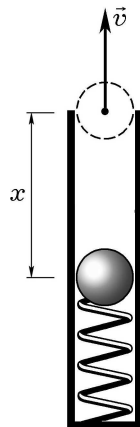


Рис. 7.18

Таким образом, обоснованно выдвинутая, экспериментально проверяемая гипотеза обладает *предсказательной* (эвристической) силой благодаря теоретическому методу исследования.

Теоретический вывод, сделанный на предыдущем этапе познания явления упругой деформации, может быть экспериментально проверен множеством способов, которые учащимся пока неизвестны. Хотя бы один из способов нужно найти. В поисках способа школьники должны исходить из имеющихся возможностей и наличия приборов и оборудования.

Допустим, в их распоряжении есть динамометр и пружинная пушка, стреляющая шариком (рис.7.18). При выстреле из нее

потенциальная энергия пружины  $kx^2/2$  превратится в кинетическую энергию шарика  $mv^2/2$ , значит  $mv^2/2 = kx^2/2$  и скорость шарика удовлетворяет соотношению  $v^2 = kx^2/m$ . Если выстрел производится вертикально вверх, то кинетическая энергия шарика переходит в потенциальную и высоту его подъема можно вычислить по формуле  $v^2 = 2gh$ , отсюда  $2gh = kx^2/m$ , следовательно,

$$h = \frac{kx^2}{2mg},$$

где  $k$  — жесткость пружины пушки, работающей на сжатие.

Теперь вместе с учащимися нужно проанализировать реальную возможность экспериментальной проверки полученного следствия. Оказывается для этого требуется измерить жесткость пружины  $k$  при сжатии (в исследовании 9 этого не делалось), изготовить из этой пружины пушку, установить ее вертикально, зарядить, измерить деформацию пружины, выстрелить вверх и измерить максимальную высоту подъема шарика. Это достаточно сложная работа, требующая немалого времени. Поэтому желательно поискать другой вариант эксперимента.

## Исследование 11

### Потенциальная энергия деформации

**Задание.** Разработайте простой опыт, который в лабораторной работе физического практикума позволит подтвердить справедливость следствия теоретической модели упругой деформации относительно потенциальной энергии деформированного тела. В качестве такого тела используйте цилиндрическую пружину динамометра.

**Выполнение.** В процессе обсуждения проблемы с учителем школьники должны усвоить, что никаких правил ее решения нет и не может быть. Переход от следствий теоретической модели к реальному эксперименту совершается интуитивно. Нужно просто думать, догадываться и анализировать. Тогда рано или поздно возникнет блестящая идея стрелять не сжатой, а... растянутой пружиной!

В таком случае становится излишним дополнительное измерение коэффициента жесткости — он уже известен из исследования 9. Не надо измерять и деформацию пружины — она определена в том же исследовании для различных сил. Остается лишь найти способ преобразования потенциальной энергии растянутой пружины в кинетическую энергию прыгающего вверх шарика.

Этот способ может быть, например, таким. На классной доске канцелярским зажимом или двусторонним скотчем закрепляют лабораторный динамометр. К крючку динамометра прикрепляют достаточно прочную и легкую нить, а к ее концу привязывают груз. Оттягивают груз вниз на некоторое расстояние  $x$ , которое измеряют по линейке, и на доске отмечают положение  $O$  груза (рис. 7.19). Отпустив груз, наблюдают, что он под действием растянутой пружины подскакивает на некоторую высоту  $h$ .

Вместе с учащимися выясняют, что при движении груза вверх потенциальная энергия растянутой пружины превращается в кинетическую энергию груза, а в точке максимального его подъема — снова в потенциальную энергию взаимодействия груза с Землей. Используя закон сохранения энергии, рассчитывают высоту  $h$ .

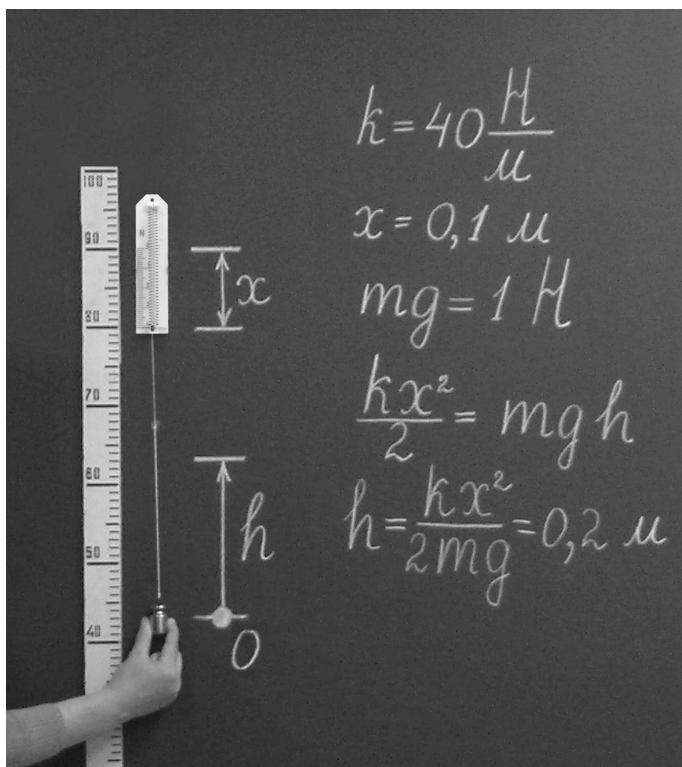


Рис. 7.19

Что предсказывает теоретическая модель? Растянутая пружина сжимается, возвращаясь в исходное состояние, и пока идет этот процесс, она передает свою энергию шарiku, разгоняя его до

некоторой скорости. Дальше шарик движется свободно и, когда достигает верхней точки траектории, его кинетическая энергия превращается в потенциальную. Если посчитать потери энергии пренебрежимо малыми, то можно приравнять потенциальную энергию пружины максимальной потенциальной энергии шарика в поле тяжести:  $kx^2/2 = mgh$ . Отсюда вновь получают

$$h = \frac{kx^2}{2mg},$$

но теперь уже все величины, входящие в эту формулу, либо известны, либо могут быть без труда измерены в эксперименте ( $k$  — жесткость пружины динамометра, работающей на на растяжение).

Выполняя во внеурочной деятельности исследовательский проект, школьники в качестве экспериментальной установки для лабораторной работы практикума могут предложить демонстрационный метр с закрепленным на его конце динамометром (рис. 7.20). Привязанный нитью к динамометру стальной шарик является грузом. В опыте оттягивают груз вниз на величину  $x$  и отпускают, измеряя высоту  $h$  его подскока.

Относительные погрешности измеренных величин могут быть оценены значениями  $\delta k = 3,5\%$ ,  $\delta x = 1/50 = 2\%$ ,  $\delta m = 1\%$ ,  $\delta g = 0,05/9,8 = 0,5\%$ . Отсюда ожидаемая относительная погрешность определения высоты подъема шарика  $\delta h = \delta k + 2\delta x + \delta m + \delta g = 9\%$ .

Таким образом, если в результате эксперимента *теоретическое предвидение* значения высоты подскока шарика сбылось с погрешностью порядка 10%, значит, есть все основания считать, что теоретическая модель получила подтверждение, и *границы ее применимости* определяются указанной или меньшей погрешностью. Если результат эксперимента не совпадает с теоретически предска-

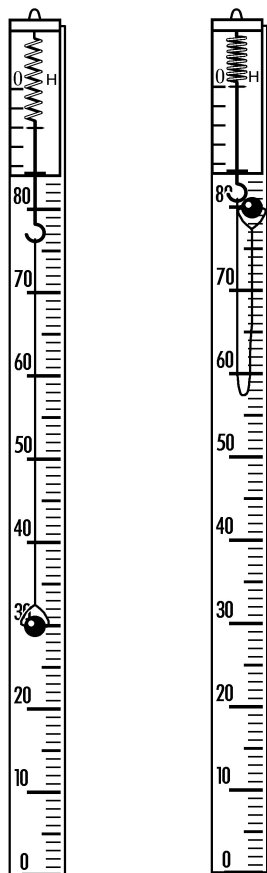


Рис. 7.20

занным более, чем на 10%, значит, теоретическая модель не верна и должна быть уточнена или вообще отброшена.

В экспериментальном исследовании практикума учащиеся проводят серию опытов, придавая деформации пружины динамометра различные значения и определяя соответствующие высоты подскоков шарика. Результаты непосредственных измерений записывают в таблицу и сравнивают их с вычисленными по теоретически выведенной формуле. Сравнив экспериментальные результаты с теоретическими, они обнаруживают совпадение предсказаний теории с результатами эксперимента и делают выводы из выполненного исследования.

## 7.8. Учебное физическое исследование

В реальном физическом исследовании теоретический и экспериментальный методы научного познания взаимодействуют в неразрывном единстве. На определенном этапе обучения такое взаимодействие должно быть обеспечено и в учебных исследованиях физических явлений. Поясним возможную методику организации учебного познания на примере отскока шарика, упавшего на наклонную плоскость.

### Исследование 12

#### Подпрыгивание шарика на наклонной плоскости

**Задание.** Рассмотрим следующее физическое явление: шарик с некоторой высоты  $h$  падает на наклонную плоскость и упруго отражается от нее (рис. 7.21). Можем ли мы заранее узнать, на каком расстоянии от точки падения шарик второй раз коснется наклонной плоскости?

**Выполнение.** *Теоретическая модель* этого явления содержит физическую теорию движения тел в поле тяжести и математические формулы, выражающие закономерности этого движения. Для получения нужного нам следствия этой модели будем рассуждать так. Поскольку шарик без начальной скорости падал с высоты  $h$ , то в момент удара о наклонную плоскость, если пренебречь потерями энергии, скорость шарика составляла  $v_0 = \sqrt{2gh}$ .

Если наклонная плоскость расположена под углом  $\alpha$  к горизонту, то вектор скорости шарика при отскоке  $\vec{v}_0$  направлен под углом  $2\alpha$  к вертикали и по модулю равен  $\sqrt{2gh}$ . За время движения  $t$  от первого до второго удара, если бы не было силы тяжести, шарик совершил бы перемещение  $\vec{v}_0 t$ . Но он помимо равномерного движения свободно падает в поле тяготения Земли, поэтому за то



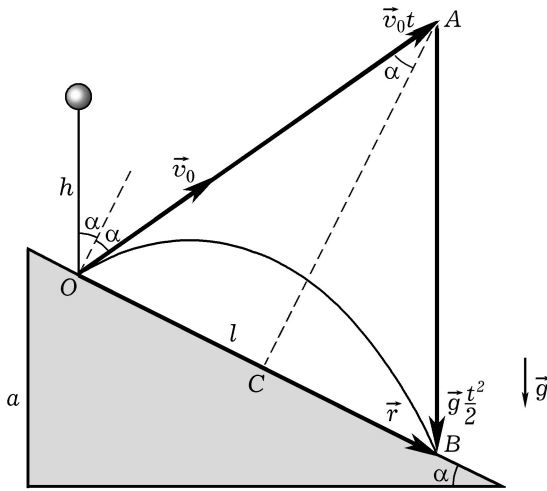


Рис. 7.21

же время совершает еще и перемещение  $\vec{g}t^2/2$ . Результирующее перемещение, очевидно, равно

$$\vec{r} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g}t^2}{2}.$$

Из рис. 7.21 видно, что треугольник  $OAB$  равнобедренный, значит  $v_0 t = gt^2/2$ . Отсюда  $t = 2v_0/g$ . Из прямоугольного треугольника  $OAC$  получаем, что  $r/2 = v_0 t \cdot \sin \alpha = 2v_0^2/g \cdot \sin \alpha$ , отсюда, учитывая, что  $v_0 = \sqrt{2gh}$ , окончательно получаем

$$r = 8h \sin \alpha = 8h \frac{a}{l}, \quad (7.1)$$

где  $a$  — высота подъема края наклонной плоскости,  $l$  — ее длина.

Для проверки этого *теоретического предвидения* необходимо поставить соответствующий *эксперимент*.

Соберем *экспериментальную установку*. Для этого в лапке штатива закрепим наклонно доску от трибометра. Над ней на некоторой высоте расположим вторую лапку штатива. Возьмем шарик от пинг-понга, прижмем его к верхней лапке от штатива и отпустим. Он упадет на наклонную плоскость, отскочит от нее и вновь ударится о наклонную плоскость. Несколько раз повторим этот опыт, чтобы убедиться, что после первого удара шарик каждый раз попадает примерно в одну и ту же точку.

Линейкой с сантиметровыми делениями измерим необходимые величины, при этом получим, например, следующие значения:  $h =$

$= 0,30 \pm 0,005$  м,  $a = 0,20 \pm 0,005$  м,  $l = 0,80 \pm 0,005$  м. Подстановка этих значений в выведенную формулу дает  $r = 0,60$  м.

Относительные погрешности результатов непосредственных измерений равны  $\delta h = 1,7\%$ ,  $\delta a = 2,5\%$ ,  $\delta l = 0,6\%$ , значит, относительная погрешность ожидаемого результата примерно равна  $\delta r = 5\%$ .

Таким образом, теория явления предсказывает, что шарик упадет на наклонную плоскость на расстоянии  $r = 0,60 \pm 0,03$  м или в сантиметрах  $r = 60 \pm 3$  см.

Выполнив эксперимент, школьники с изумлением обнаруживают, что на самом деле шарик летит на расстояние  $r = 48 \pm 2$  см!

Полученный результат явно выходит за пределы допустимых погрешностей. Отсюда следует, что теоретическое предвидение не оправдалось. Значит, теоретическая модель не верна.

Но эта модель основана на законах механики, которые многократно проверены и, безусловно, правильны. Поэтому отбрасывать ее и строить совершенно новую неразумно. Выходит, наша конкретная модель не совсем соответствует действительности и нуждается в уточнении.

Проанализировав исходные посылки, мы обнаруживаем, что без достаточных оснований посчитали удар шарика о твердую поверхность абсолютно упругим.

Проверим это предположение на опыте, для чего развернем доску горизонтально и с высоты  $h = 30$  см отпустим на нее шарик. Наблюдаем, что он подскакивает на высоту  $h_1 = 24$  см, которая существенно меньше той, с которой он начал падать. Значит, удар шарика о доску нельзя считать абсолютно упругим. Обозначим отношение высот  $h_1/h = k$ , тогда скорость шарика после удара  $v_1 = \sqrt{2gh_1} = \sqrt{2gkh} = \sqrt{k}v_0$  и расчетная формула приобретает вид

$$r = 8kh \sin \alpha = 8kh \frac{a}{l}, \quad (7.2)$$

где по-прежнему  $a$  — высота подъема края наклонной плоскости,  $l$  — ее длина. Подстановка в эту формулу экспериментальных результатов дает  $r = 8 \cdot 0,8 \cdot 0,3 \cdot 0,2/0,8 = 0,48$  м.

Такое точное совпадение предсказанного теорией значения с наблюдаемым в эксперименте, конечно, случайно. В самом деле, коэффициент  $k$  мы определили с относительной погрешностью  $\delta k = \delta h + \delta h_1 = 4\%$ . Поэтому погрешность теоретического значения  $r$  увеличится с 5% до 9%, то есть следует ожидать, что шарик отскочит по наклонной плоскости на расстояние  $r = 48 \pm 4$  см.

В эксперименте мы действительно попадаем в эти границы, значит, предвидение теории оправдывается на опыте, и использо-

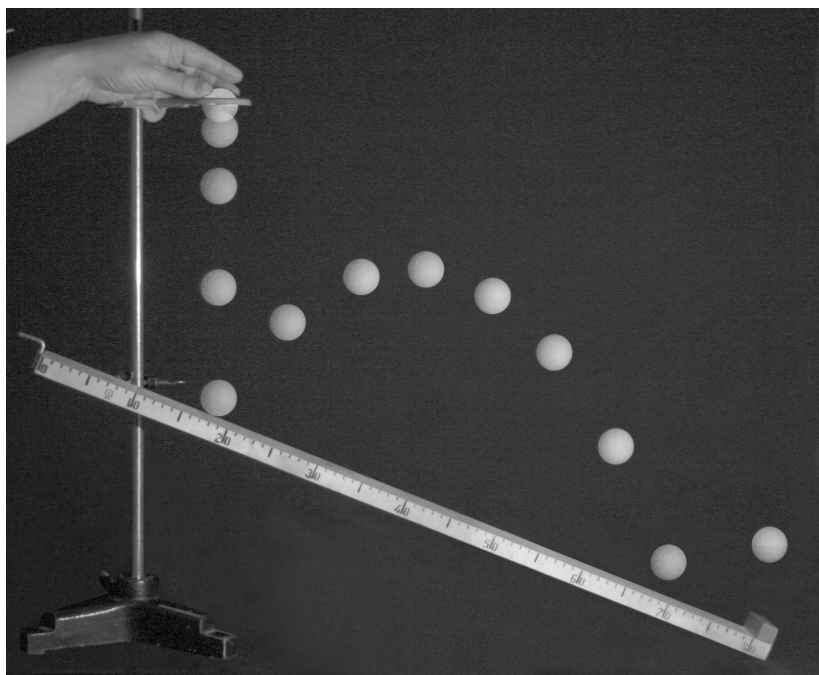


Рис. 7.22

ванная для этого предвидения теоретическая модель получает еще одно подтверждение.

Однако было бы опрометчиво по результату единичного эксперимента делать общее заключение о границах применимости теоретической модели. Чтобы учащиеся усвоили эту мысль, достаточно предложить им увеличить угол между наклонной плоскостью и горизонталью. При этом вновь наблюдается несовпадение экспериментальных результатов с теоретическим предвидением: теоретические оценки всегда несколько завышены по сравнению с данными опытов.

Чтобы объяснить обнаруженное противоречие, целесообразно использовать один из самых эффективных методов экспериментального изучения механических движений — метод стробоскопического фотографирования. По стробоскопической фотографии явления (рис. 7.22) учащиеся, определив масштаб, осуществляют вычисления и убеждаются, что согласно формуле (7.2) должно быть  $r = 0,62$  м, а на самом деле  $r = 0,53$  м (в этом опыте коэффициент  $k = 0,7$ ).

Учащиеся в состоянии сами дать объяснение этому несовпадению: непосредственно по фотографии можно заметить, что траек-

тория движения шарика после удара отличается от симметричной относительно вертикали параболы. Причиной этого может быть сопротивление, испытываемое шариком при движении в воздухе. Шарик от пинг-понга обладает сравнительно небольшой массой, поэтому сила сопротивления в состоянии заметно изменить ускорение, с которым он движется. Отсюда следует необходимость создания новой теоретической модели явления или уточнения границ применимости прежней модели.

Таким образом, простейшие механические явления, для воспроизведения которых требуется самое доступное оборудование, позволяют организовать с учащимися увлекательные экспериментальные исследования, в процессе которых усваивается сама сущность метода научного познания.

### 7.9. Научная грамотность и объяснение физических явлений

Знания теории, законов, принципов и понятий еще не обеспечивают способности понимать и объяснять постоянно встречающиеся новые явления природы, техники и технологии. В основе таких способностей лежит достаточный опыт идентификации наблюдаемых явлений соответствующей теории, которая необходима для их понимания и объяснения. Развитие способностей понимать и объяснять происходит в процессе выполнения специальных упражнений. К сожалению, в современных учебниках, задачах и ЕГЭ такие упражнения почти отсутствуют. В них преобладают стандартные задачи, в которых явления уже идентифицированы с необходимой для решения задач теорией. Идентификация не нужна, если в условиях задачи указаны все параметры и единицы измерения. В них главное — вспомнить подходящую к заданным параметрам формулу, сделать подстановку данных и вычислить! В отсутствии практики решения задач на идентификацию одна из важных причин неудач наших школьников в международных проверках на научную грамотность.

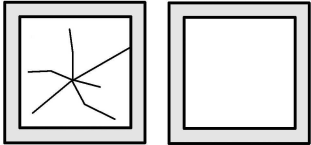
Удар мяча и камня по стеклу	
<p>На рисунке показаны два одинаковых окна. Левое треснуло от удара камня. О соседнее окно ударился теннисный мяч, имеющий ту же массу и скорость, что и камень. Окно не треснуло.</p>	
	
<p>Какова основная причина того, что при ударе камня окно треснуло, а при ударе теннисного мяча нет?</p> <p><i>Теннисный мяч сожмется резинкой и изменит свою форму при ударе, а камень твердый и не изменяет форму.</i></p>	

Рис. 7.23

Покажем, как решаются задачи на идентификацию на основе метода научного познания. В качестве примера возьмем задачу на научную грамотность TIMSS и PISA (рис. 7.23).

### Исследование 13 Разрушение при ударе

**Задание.** Выясните, почему при одинаковых массе и скорости при ударе камень разбивает стекло, а теннисный мяч нет. Разработайте и поставьте эксперимент, подтверждающий ваши теоретические соображения.

**Выполнение.** Кратко рассмотрим этапы познавательной деятельности при выполнении этого исследования.

1) Анализ описания явления позволяет идентифицировать его с понятием импульса тела. Оба тела (мяч и камень) перед ударом по стеклу имеют одинаковый импульс, модуль которого  $p = mv$ .

2) Догадка–гипотеза состоит в том, что ответ на поставленный вопрос находится во втором законе Ньютона, представленном в виде:  $F\Delta t = mv$ .

3) Теоретическое предвидение достигается тождественным преобразованием формулы  $F = mv/\Delta t$ .

В результате становится ясно, что сила  $F$ , возникающая при взаимодействии со стеклом мяча и камня, имеющих одинаковые импульсы, может быть разной в зависимости от времени взаимодействия  $\Delta t$ . Моделируя ударяющееся о стекло упругое тело пружинным маятником, время их взаимодействия можно оценить полупериодом колебания маятника:  $\Delta t = T/2 = \pi\sqrt{m/k}$ . Отсюда следует, что вследствие сравнительно малого коэффициента жесткости  $k_1$  мяча в сравнении с жесткостью камня  $k_2$  время его взаимодействия со стеклом при ударе больше, а сила меньше, чем у камня.

4) Этот вывод подтверждается практикой, например, для уменьшения силы ударов используются рессоры, буферы и бамперы. Люди и животные «пружинят», приземляясь на согнутые ноги т. д.

Итак, теоретические рассуждения приводят к выводу, что результат механического взаимодействия определяется не только импульсом движущегося тела, но и временем взаимодействия его с неподвижным. В этом необходимо убедиться экспериментально. Очевидно, учитель должен направить усилия школьников на разработку такого эксперимента, в котором не придется разбивать стекло камнем. Возможный вариант решения проблемы заключается в следующем.

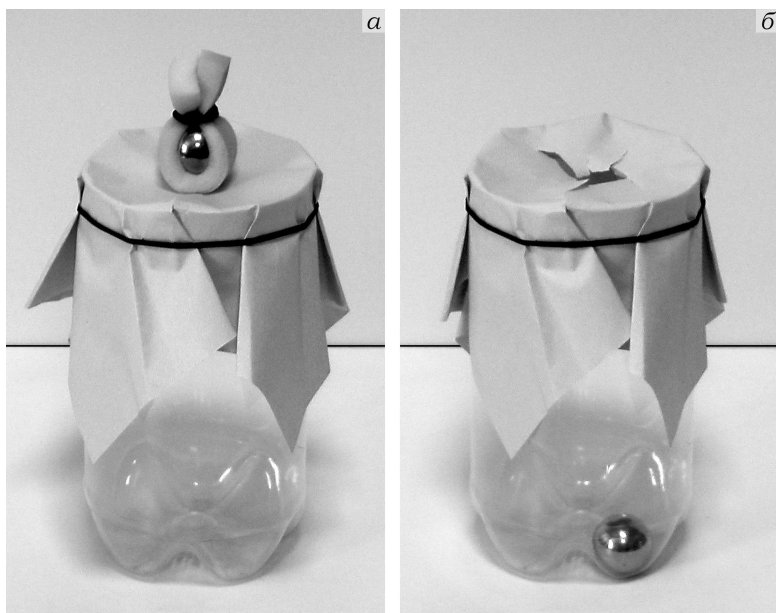


Рис. 7.24

Отверстие пластикового сосуда перекрывают листом бумаги и с некоторой высоты сбрасывают на него стальной шарик, обернутый полоской поролона. Шарик падает и отскакивает от бумаги (рис. 7.24 а). Повторяют опыт, сняв с шарика поролоновый амортизатор. Теперь отпущенный с той же высоты тот же шарик рвет бумагу (рис. 7.24 б).

Особую ценность рассмотренное исследование имеет потому, что в процессе его выполнения дважды используется метод моделирования: первый раз, умозрительно, когда упругое тело моделируется пружинным маятником, и второй — в реальности, когда вместо стекла в опыте разрушается бумага.

## 7.10. Формирование навыков проектной деятельности

Проектная деятельность развивает умения и способности школьников самостоятельно под руководством учителя исследовать и анализировать разнообразные физические явления и свойства объектов, объяснять принципы работы и характеристики приборов и устройств. Целью ученического проекта по физике является получение значимого для учебного процесса продукта, который может быть использован на уроке учителем или учащимися. Проектные задания предполагают выбор темы, поиск информации

в литературе и интернете, выполнение эскиза и описания проекта, коллективное обсуждение вариантов решения проблемы, подбор необходимых материалов и инструментов, изготовление прибора, выполнение исследования, подготовку презентации, защиту проекта.

Таблица 3

Переход от опыта к теории	Переход от теории к опыту
Поиск ответа на вопрос: почему?	Поиск ответа на вопрос: как сделать?
Обобщение фактов, формулировка проблемы и выдвижение гипотезы.	Интерпретация теоретических выводов применительно к практике.
Абстрагирование, освобождение от несущественного, переход к определению понятия и формулировке закона в образной, знаковой или словесной форме.	Учет всех обстоятельств и их интеграция, холизм, преобразование и использование известных устройств и конструкций в соответствии с теоретическими выводами.
Вывод следствий, рассмотрение объяснительной и предсказательной функций гипотезы.	Рассмотрение возможности реализации идеи в конкретных условиях и получения ожидаемого эффекта.
Оценка гипотезы и следствий с точки зрения теоретической и экспериментальной обоснованности.	Оценка результата эксперимента на предмет достоверности и соответствия проверяемой теории.

При реализации проекта, как и при постановке экспериментов для проверки теоретических выводов, требуется идентификация — мысленный переход от теории к практике, от общего к конкретному. В этом много общего с переходом от конкретного опыта к гипотезе, но отличие в том, что переход идет в обратном направлении. Это сходство и различие показано в табл. 3 [117].

#### Исследование 14

##### Компас из неодимовых магнитов

**Задание.** Из неодимовых магнитов сконструировать компас с демпфером — успокоителем колебаний стрелки.

**Выполнение.** Возможный вариант конструкции прибора представлен на рис. 7.25. Бумажная стрелка с двумя магнитами подвешена на нити или тонкой проволоке. Крутильные колебания стрелки быстро прекращаются благодаря алюминиевой



Рис. 7.25



пластинке, подложенной под стрелку, вследствие возникновения вихревых токов, действующих по правилу Ленца.

Чтобы получить такое решение проблемы, школьники должны рассмотреть целый ряд возможных конструкций компаса, сравнить известные и предложенные варианты, выявить их достоинства и недостатки, степень доступности и т. д. Им необходимо отчетливо представлять себе свойства различных материалов, неодимовых магнитов, принцип действия индукционного демпфера. Наконец, нужно изготовить и исследовать прибор, разработать демонстрационные опыты, приготовить компьютерную презентацию. Все это способствует развитию как интеллектуальных, так и практических способностей учащихся.

### Исследование 15

#### Модель динамического громкоговорителя

**Задание.** Основными частями динамического громкоговорителя (динамика) являются кольцообразный постоянный магнит 1 и катушка из тонкой изолированной медной проволоки 2, соединенная с конусообразным диффузором 3 (рис. 7.26 а). Когда через катушку проходит электрический ток, диффузор вместе с катушкой совершает колебания и воспроизводит передаваемый звук. По приведенным схеме и описанию динамика сконструируйте его действующую модель.

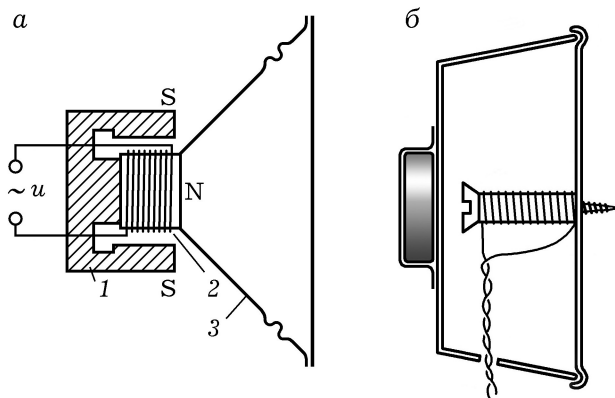


Рис. 7.26

**Выполнение.** В качестве диффузора можно использовать пластиковую коробку для продуктов. К крышке крепят постоянный кольцевой магнит при помощи скотча. В качестве сердечника электромагнита подойдет обычный шуруп (его головка должна быть

как можно ближе к магниту, но не касаться его). Для обмотки электромагнита достаточно 25 витков тонкого медного провода в лаковой изоляции (рис. 7.26 б).

На рис. 7.27 изображен возможный вариант реального воплощения рассмотренной конструкции модели динамика.

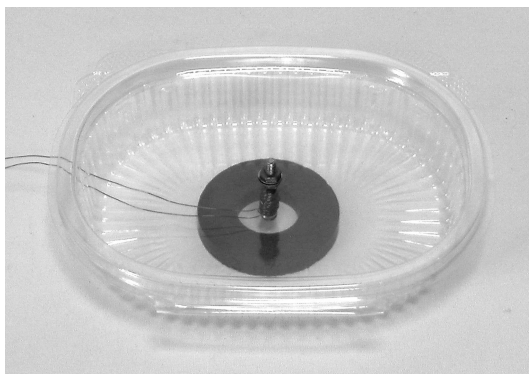


Рис. 7.27

### Исследование 16

#### Индукционный дефектоскоп

**Задание.** На рис. 7.28 изображена принципиальная схема рельсового индукционного дефектоскопа: 1 — электромагнит с намагничивающей катушкой; 2 — сердечник; 3 — искательные катушки; 4 — контакты, ведущие к измерительному прибору. По приведенной схеме объясните назначение и принцип действия прибора. Разработайте и поставьте эксперимент, подтверждающий возможность использования явления электромагнитной индукции для дефектоскопии изделий из ферромагнетиков.

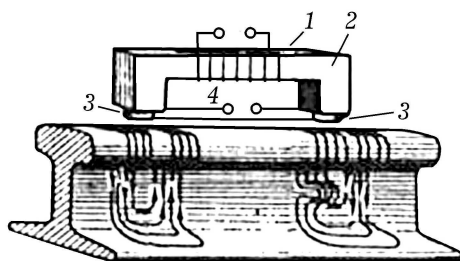


Рис. 7.28

**Выполнение.** Изучение схемы индукционного дефектоскопа показывает, что искательные катушки 3 находятся в постоянном

магнитном поле электромагнита 1 с намагничивающей катушкой, сердечника 2 и участка рельса, который под ним находится.

*Гипотеза:* при равномерном движении поезда это магнитное поле практически неизменно; если в каком-то месте обнаруживается дефект рельса (трещина, раковина и др.), то магнитный поток, пронизывающий искательные катушки, резко изменяется, и на их выводах возникает ЭДС индукции, которая регистрируется контрольным прибором, соединенным с контактами 4.

*Догадка:* магнитное поле в модели дефектоскопа можно сделать переменным, тогда не надо будет с большой скоростью перемещать образец относительно дефектоскопа, а при наличии дефекта в образце ЭДС индукции будет уменьшаться.

*Идея:* если на ветвях П-образного ферромагнитного сердечника разместить две катушки, одна из которых соединена с источником переменного тока, а другая — со светодиодом, то при замыкании сердечника ферромагнитным образцом светодиод загорится. Если же между ветвями сердечника окажется дефект в образце — светодиод погаснет.

Возможное техническое воплощение возникшей идеи представлено на рис. 7.29. Выполнив эксперимент, учащиеся убеждаются в справедливости теоретического предвидения.

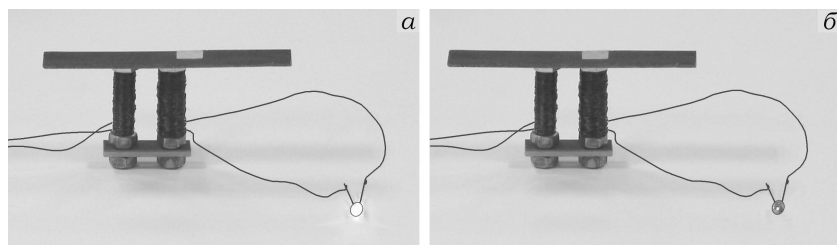


Рис. 7.29

Творчество, творческие способности, творческие удаchi — это радости жизни каждого человека. Основываясь на собственном педагогическом опыте, авторы уверены, что эта сторона нового стандарта образования, направленная на организацию самостоятельной познавательной активности школьников, будет вдохновлять российских учителей физики на совместную экспериментальную деятельность с учащимися.

## **Глава 8**

### **ФГОС И ТЕОРЕТИЗИРОВАННЫЙ УЧЕБНИК ФИЗИКИ**

Результаты освоения базового курса физики согласно ФГОС должны свидетельствовать, что обучающиеся овладели основными методами научного исследования, используемыми в физике. К ним относятся наблюдение, описание, измерение и эксперимент. Кроме того, учащиеся должны уметь обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять данные эксперимента и делать выводы. Этому призваны научить школьный учебник и школьный учитель [104–106].

Однако современные учебники физики для средней школы в большинстве своем чрезмерно теоретизированы. Физический эксперимент в них присутствует в лучшем случае как иллюстрация теоретических положений. Имеются и такие учебники, в которых доказательный учебный эксперимент принципиально не используется. К ним относится, например, учебник для 7 класса [9], по которому школьники начинают изучение физики с кинематики. Обсуждение методики изучения кинематики, реализованной в этом учебнике, представляет значительный научный и практический интерес. Суть основной идеи этой методики заключается в том, что введение фундаментальных понятий кинематики не нуждается в демонстрационных опытах, поскольку вполне достаточны умозрительные представления учащихся о движениях реальных тел.

Мы полагаем, что обучение физике даже по такому учебнику может быть осуществлено в полном соответствии с циклом научного познания, включающем как теоретический, так и экспериментальный компоненты. В главе обоснована целесообразность выполнения натурального компьютерного эксперимента в 7 классе на уроках физики, посвященных изучению кинематики, представлена соответствующая методика и приведена компьютерная программа, позволяющая ее реализовать.

#### **8.1. Основы кинематики в школьном учебнике**

Рассмотрим принятую в учебнике физики для 7 класса [9] методику теоретического изучения кинематики и покажем, каким образом учитель физики, ведущий обучение по этому учебнику, может использовать на уроках современный учебный эксперимент.

**1. Кинематика без учебного физического эксперимента.** Не вызывает сомнений, что в принципе вся школьная физика может быть изложена без использования реально выполняемого учебного физического эксперимента. Блестящим подтверждением этого тезиса является учебник, о котором идет речь: в нем систематически, последовательно и логично представлены основы механики, доступные для понимания учащимися 7 класса.

Заметим, что отказ от учебного эксперимента на начальном этапе изучения физики — это принципиальная позиция концепции учебника, имеющая определенное теоретическое обоснование.

*«В курсе физики 7 класса присутствуют основные базисные понятия и представления, без которых невозможно систематическое и успешное изучение этого предмета в дальнейшем. На их усвоение, но с упором на простоту и наглядность при формировании физической картины окружающего мира, эмпирический характер исследований природы, и направляются главным образом усилия педагогов. Казалось бы, результат — ясность и понимание — должен быть достигнут. Однако впечатления большинства учащихся от процесса постоянного знакомства с физикой умещаются в довольно узком диапазоне от «ничего не понятно, хотя и интересно» до «понять, откуда что берется, невозможно» [10].*

В главе, посвященной кинематике, которая составляет ровно треть всего учебника, нет описания ни одного демонстрационного или индивидуального физического опыта. Правда, в конце учебника имеется одна лабораторная работа по кинематике «Изучение равномерного движения», в которой для измерения времени используется метроном. Для полноты картины следует отметить, что в программе, в соответствии с которой написан обсуждаемый учебник, перечислены демонстрационные опыты по кинематике: равномерное прямолинейное движение, относительность движения, равноускоренное движение [11].

**2. Кинематика и научный метод познания.** Уже на первых страницах учебника семиклассники узнают, что физика — это наука о природе, «объясняющая разнообразные явления окружающего мира, изучающая их причины, общие свойства, закономерности и взаимосвязи между ними. ... Физика изучает природу как единое целое. В наши дни интересы физики простираются от мельчайших частиц вещества до галактик и Вселенной в целом» [9, с. 6–7].

Далее они знакомятся с основными методами научного познания, которые используются в физике.

*«Эксперимент в современной физике — основной метод изучения природы. Именно эксперимент является источником и критерием истинности наших знаний о природе. Физические законы основываются и проверяются на фактах, установленных опытным путем.*

Второй, не менее важный способ познания — теоретическое объяснение явлений окружающего нас мира. На основе физических теорий ученые получают общие законы природы, объясняя с их помощью уже известные явления и предсказывая новые, еще не открытые. ...

Изобретение и усовершенствование компьютеров привело к развитию третьего, самого молодого способа познания окружающего мира. Это компьютерное моделирование явлений и процессов, или численный эксперимент» [9, с. 7–8].

Подводя итог введению в курс физики 7 класса, в учебнике еще раз подчеркивается: «Основные способы современных физических исследований — эксперимент, теоретическое описание и компьютерное моделирование. В современной физике они используются совместно» [9, с. 9].

Понятно, что после таких слов школьники, с энтузиазмом приступающие к изучению нового предмета, ждут от него натуральных экспериментов, смелых теорий и компьютерного моделирования. Вместо этого в первой главе учебника «Кинематика» объемом 98 страниц они получают систематизированную совокупность теоретических сведений об одномерном механическом движении, а также набор решенных и нуждающихся в решениях задач чаще всего умозрительного содержания о движущихся муравьях, кошках, мышках, пешеходах, велосипедистах, автобусах, кирпичах, ящиках, брусках и т. д. Слов нет, такие *алгебраические задачи на физическую тематику* уметь решать нужно. Но в жизни вполне можно обойтись и без этого умения. Однако невозможно добиться успеха, не умея выделять и оценивать факты жизненной ситуации, строить модель собственного поведения и действий оппонентов, выводить из нее следствия и проверять их в деле. Именно этому и учит принятый в физике метод познания, который имеет, как уже отмечалось выше, не только научное, но и общекультурное гуманитарное значение.

**3. Эксперимент на первых школьных уроках физики.** Обсуждаемый учебник принципиально игнорирует натуральный учебный физический эксперимент, который может продемонстрировать учитель и который могут воспроизвести ученики. Идея введения основных понятий кинематики без демонстрационного эксперимента обосновывается следующим образом.

«Весьма интересны и различные предложения учителей о том, как должно проходить изучение физики в 7 классе. Многие считают, что необходимо основывать первоначальное обучение на показе увлекательных опытов (для пробуждения интереса к предмету) и на рассказах о современных достижениях науки в «доступной для учащихся» форме, не вдаваясь в глубинный смысл физических принципов и явлений. Однако оказывается, что большинство таких демонстраций уже знакомы ученикам

из курса естествознания, при изучении которого им предлагались и вполне доступные «объяснения» наблюдаемых явлений. На наш взгляд, еще одно повторение подобных наблюдений не способствует началу изучения физики» [10].

В современной теории и методике обучения физике традиционно считается, что учебный физический эксперимент является «одновременно источником знаний, методом обучения и видом наглядности» [2, с. 154]. Отсюда делается вывод, что использование демонстрационных опытов на уроках безусловно обеспечивает наглядность и простоту восприятия учебного материала. Это неверно.

Для того, чтобы опыт стал наглядным, учащиеся, как минимум, должны *уметь наблюдать* физическое явление. Для того, чтобы физическое явление стало для них простым, учащиеся должны, по крайней мере, *уметь объяснять* наблюдаемое ими реальное явление. Эти умения, следовательно, нужно формировать и развивать на уроках.

Цель демонстрационных опытов в том и заключается, что учитель, используя их, должен обучить школьников не умозрительному, а экспериментальному методу познания физических явлений. Это нелегко. Это гораздо труднее, чем научить знаниям, расположенным в логической последовательности, и умениям их использовать.

Дело в том, что переходы от экспериментальных фактов к теоретической модели и от следствий модели к эксперименту выходят за рамки логики и совершаются интуитивно. Логика в научном методе познания работает только в рамках теоретической модели при выводе ее следствий. Поэтому, если иметь в виду развитие физического мышления учащихся, то следует признать, что «отсутствие эксперимента на уроках физики априори лишает учащихся возможности мыслить творчески, обрекает их на репродуктивное обучение, т. е. на запоминание, зубрежку» [86].

Вторая важная идея, реализованная в обсуждаемом учебнике физики, ограничивает учебный материал 7 класса прямолинейным механическим движением. Спрашивается: какой учебный физический эксперимент можно использовать, находясь в очерченных учебником рамках?

Нетрудно видеть, что в первую очередь это эксперименты, в которых реально движущееся тело обозначает траекторию своего движения с оставленными на ней временными метками. К таким экспериментам относятся опыты по движению капельницы на тележке, опыты с вибрационным формирователем меток на ленте, опыты с порошковыми фигурами и опыты со стробоскопическими фотографиями. Во всех этих экспериментах присутствуют прямо-



линейная направляющая, вдоль которой осуществляется движение, и некий периодический процесс, который выполняет функцию часов. Таким образом, использование указанных опытов способствует введению фундаментального понятия системы отсчета, включающей тело отсчета и часы.

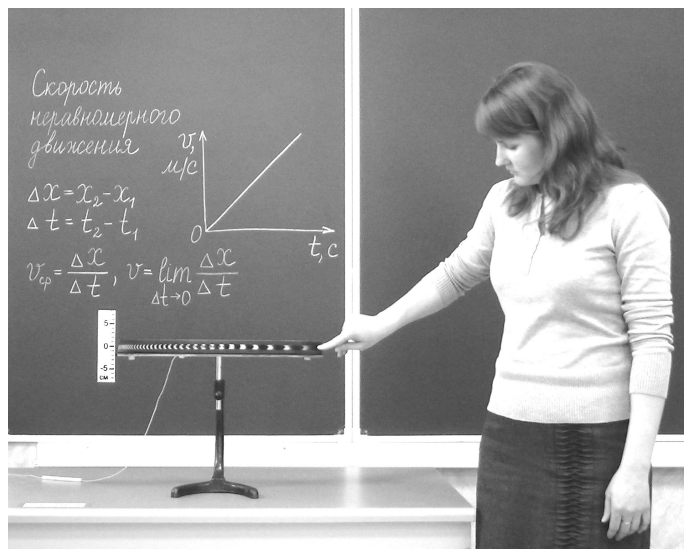


Рис. 8.1

**4. Учебный эксперимент в одномерной кинематике.** Опыты с капельницей морально устарели и требуют определенной подготовки. Вибрационный формирователь меток на ленте предназначен для фронтальных лабораторных работ и, строго говоря, обозначает траекторию исследуемого движения тела в системе отсчета, связанной с лентой. Для стробоскопических экспериментов необходимы генератор импульсов напряжения, яркий малоинерционный источник света, фотоаппарат и компьютер. Наиболее доступны опыты с порошковыми фигурами, для постановки которых нужны узкий прямой металлический экран, покрытый слоем сухого зубного порошка или тонера для лазерных принтеров, конденсатор, резистор и наличие сетевого напряжения частотой 50 Гц [49]. При проведении по порошку пальцем на экране остается след с временными метками, периодичность появления которых 0,02 с (рис. 8.1).

Такая экспериментальная установка при выполнении фронтальной лабораторной работы позволяет каждому школьнику, осуществив реальное движение, определить координату двигавшегося тела в любой момент времени, вычислить среднюю скорость движе-

ния на заданном участке, оценить мгновенную скорость в определенной точке, построить график движения. Главное, однако в том, что траектория с временными метками дает учащимся наглядный образ реального движения тела.

Демонстрационный эксперимент по получению траектории с временными метками методом порошковых фигур позволяет учителю физики уже на самых первых уроках в 7 классе организовать учебное исследование реального физического явления. При этом учащиеся не декларативно, а доказательно знакомятся с основными методами исследования в современной физике: экспериментальным, теоретическим, вычислительным.

Действительно, показав получение траектории с временными метками, учитель начинает формировать в сознании школьников понятие научного физического эксперимента. Вводя на основе натурального эксперимента основные понятия кинематики, он обращает внимание учащихся на теоретический метод исследования физической сущности явлений. Наконец, если есть возможность, то на уроке он показывает и потенциал вычислительной физики, использующей современную компьютерную технику.

Для этого полученную на глазах учащихся траекторию с временными метками учитель фотографирует на цифровой фотоаппарат, фотографию вводит в компьютер и посредством специальной программы показывает, как можно вычислить параметры движения тела [50].

## **8.2. Требования ФГОС и компьютерные технологии**

Кратко рассмотрим идеи, лежащие в основе создания программного продукта, отвечающего требованиям формирования основ метода научного познания у школьников.

Принятый ФГОС нацеливает школу на развитие исследовательских умений учащихся, обращая особое внимание на использование в этом процессе информационных и компьютерных технологий. Такие технологии действительно применяются в школе при обучении физике, но чаще всего в форме компьютерного моделирования и компьютерного эксперимента. Польза от этого есть до тех пор, пока эти средства не выступают в качестве заменителей реального эксперимента.

Облегчая восприятие учебного материала, снижая интеллектуальные усилия, уменьшая материальные и временные затраты обучающихся, применение виртуальных моделей компьютера не в полной мере обеспечивает овладение основами метода научного познания и формирование естественнонаучного стиля мышления.

Однако на практике компьютер является мощным средством научного познания явлений природы.

Поэтому необходимы такие компьютерные программы, которые способствуют повышению доказательности натурального эксперимента и усвоению школьниками основ метода научного познания. Актуальной представляется проблема создания и научного обоснования конкретных методик применения натурального компьютерного эксперимента и возможностей информационных технологий в целом для организации учебно-исследовательской деятельности учащихся в соответствии с полным циклом научного познания.

Основное требование к любому методическому продукту — его воспроизводимость. Поэтому в следующем параграфе дана полная информация о натурном эксперименте, процессе разработки программы и методике ее реализации на уроке.

В настоящее время разработаны многочисленные программы, предназначенные для выполнения учебного физического эксперимента. Общим недостатком этих электронных образовательных ресурсов является их низкая интеллектуальная доступность. Чтобы понять, как можно приспособить готовую программу для решения собственных задач, учитель должен обладать навыками программиста, а это не только не реально, но и не нужно.

Обучить использованию готового программного продукта можно тем же методом, каким формируются экспериментальные умения учащихся. В работе [84, с. 261–263] показано, что для успешного выполнения школьниками или студентами нового для них опыта «...должна быть дана однозначная рецептура материалов, оборудования, порядка действий, то есть условий опыта, обязательно приводящая именно к тому результату, который предусматривается в описании».

Аналогичным образом программное обеспечение для учебного эксперимента должно быть так структурировано и снабжено такими комментариями, чтобы не владеющий языком программирования учитель был в состоянии самостоятельно ввести его, запустить, протестировать и при необходимости изменить в соответствии с решаемыми им задачами.

### **8.3. Усвоение основных понятий кинематики в современном учебном исследовании**

Перейдем к детальному описанию учебной программы, целью которого является обеспечение возможности ее воспроизведения и использования без предварительного глубокого изучения языка и основ программирования. Программа предназначена для выпол-

нения натурального компьютерного эксперимента по исследованию прямолинейного движения тела по фотографии его траектории с временными метками и написана в свободно распространяемой среде разработки *Lazarus* на языке *Free Pascal*.

### 1. Требования к эксперименту при введении понятия скорости.

В школьном курсе физики понятие скорости вводится при изучении прямолинейного движения тела. Средней скоростью называют отношение перемещения тела к промежутку времени, в течение которого это перемещение произошло. Под мгновенной скоростью понимают предел средней скорости, когда промежуток времени, в котором она определяется, стремится к нулю. Для экспериментального обоснования формируемого понятия используют различные по сложности установки, позволяющие измерять промежутки времени, в течение которых тело проходит заданные расстояния [108]. В последнее время эти установки дополняются компьютером, используемым в качестве измерителя времени, что дает некоторое основание говорить о демонстрационном компьютерном эксперименте при изучении скорости механического движения. Однако школьники, конечно, отчетливо понимают, что в подобных опытах компьютер выполняет вспомогательную функцию, так как с успехом может быть заменен обычным электронным секундомером.

Понятие скорости будет полностью усвоено, а возможности компьютера в натуральных экспериментах осознаны учащимися, если они самостоятельно выполнят опыт по прямолинейному движению тела, введут полученный результат в компьютер и обработают его соответствующей программой. Для этого условия опыта должны быть максимально простыми, его результат — наглядным, а программа обеспечивать количественный анализ полученного результата. Идея и особенности постановки эксперимента по кинематике, а также методика его использования для организации учебно-познавательной деятельности школьников рассмотрены в работах [51–53]; примеры компьютерных программ, позволяющих выполнять анализ экспериментальных результатов, приведены в статьях [5, 54]; технология пошагового описания процесса создания учебной программы для натурального компьютерного эксперимента изложена в учебном пособии [6].

### 2. Компьютерная программа для школьного урока.

К подготовке урока по кинематике имеет смысл привлечь двух старшеклассников, предложив им выполнение исследовательского проекта. Цель проекта состоит в разработке натурального компьютерного эксперимента по исследованию прямолинейного движения тела. Компьютерная программа должна выполнять следующие функции:

1) загрузка фотографии с результатом натурального эксперимента, на которой траектория тела обозначена временными метками; 2) обозначение начала системы координат и построение осей координат в реальном масштабе; 3) обозначение меток с целью распознавания компьютером их местоположений; 4) вычисление средней скорости тела на пути между любыми двумя временными метками; 5) расчет мгновенной скорости движения тела в любой указанной точке (на малом отрезке пути).

При недостаточной сформированности навыков программирования на языке *Free Pascal* в среде разработки *Lazarus* учащиеся, строго следуя приведенной ниже инструкции, вводят с клавиатуры программу «Скорость прямолинейного движения». В дальнейшем, освоив рекомендованную программу, они могут модифицировать ее в соответствии с конкретными задачами проекта.

1. Запустите среду программирования *Lazarus*. Создайте новый проект, выбрав в главном меню *Проект / Создать проект / Приложение*. Разместите объекты (кнопки, надписи, окна ввода данных, таблицу и т.д.) и задайте их свойства в соответствии с рис. 8.2.

2. Щелкните мышью на любой точке формы (окно *Form1*) и в окне *Инспектор объектов* на вкладке *Свойства* установите параметры: *Caption* = *Скорость прямолинейного движения*, *Height* = 700, *Width* = 1020.

3. С вкладки *Additional* находящегося в верхней части экрана главного меню поместите на форму объект *TImage* — *Image1*. Расположите его вверху формы и мышью растяните так, как показано на рис. 8.2. Аналогично расположите внизу формы объект *Image2*.

4. Справа на форме расположите шесть кнопок (с вкладки *Standard* объект *TButton*). Чтобы изменить название кнопки, ее нужно выделить щелчком мыши и в окне *Инспектор объектов* на вкладке *Свойства* заполнить нужным текстом поле, соответствующее параметру *Caption*.

5. Заголовки и пояснения сделайте, используя объекты *TLabel* (*Label1–Label12*) с вкладки *Standard*. Содержание пояснений задайте с помощью параметра *Caption*; кроме этого установите параметры *AutoSize* = *False*, *WordWrap* = *True*, чтобы осуществить разбиение надписей на строки. Размер шрифта изменяйте с помощью параметра *Font+Size*.

6. С вкладки *Standard* поместите на форму два компонента *TEdit*: *Edit1* и *Edit2*. В окне *Инспектор объектов* задайте их параметр *Text* = 0,00.

7. С вкладки *Additional* возьмите объект *TStringGrid* — таблицу, мышью растяните ее по ширине и высоте, установите параметры: *Height* = 325, *ColCount* = 6, *RowCount* = 16, *DefaultColWidth* = 56. Растяните таблицу так, чтобы исчезли полосы прокрутки. Дважды щелкнув по таблице, заполните содержимое заголовков строк и столбцов, нажмите *Применить*.

8. На форму с панели *Additional* поместите объект *TShape* — *Shape1* (на рисунке виден в левом верхнем углу и выделен пунктиром) установите

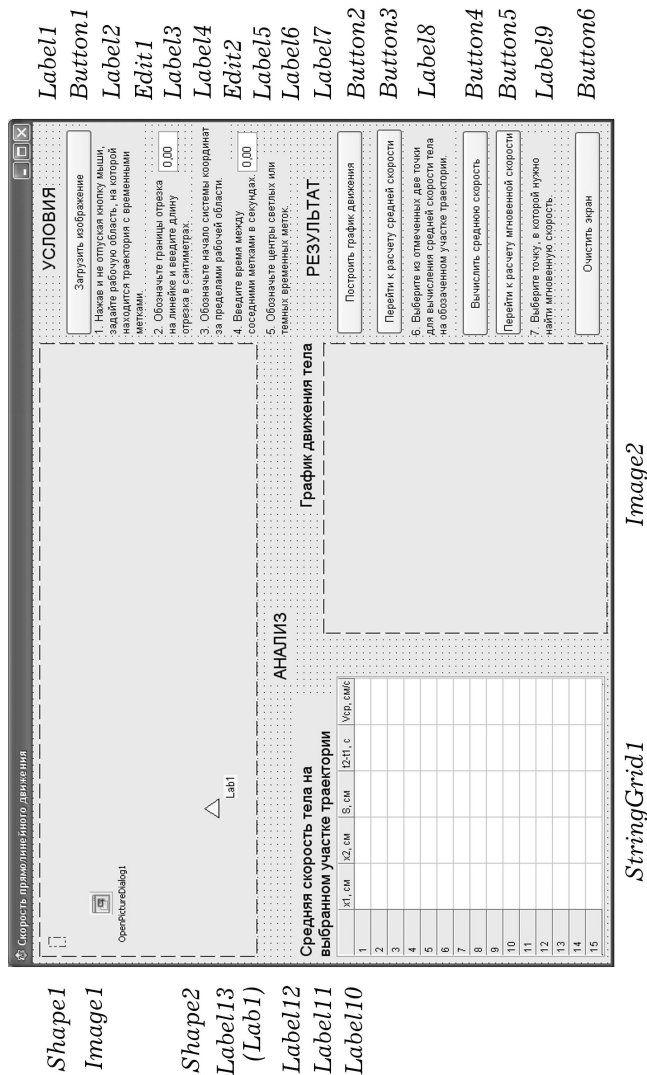


Рис. 8.2

его параметры:  $Pen + Color = clBlue$ ,  $Pen + Style = psDashDotDot$ ,  $Brush + Style = bsClear$ .

9. На форму поместите еще один объект  $TShape$  —  $Shape2$  (на рисунке имеет вид треугольника), установите его параметры:  $Shape = stTriangle$ ,  $Brush + Color = clYellow$ .

10. На форму поместите объект  $TOpenPictureDialog$  с панели *Dialogs*.

11. На форму поместите объект *TLabel* (на рисунке расположен рядом с треугольником *Shape2*), установите его параметры *Color = clYellow*, *Name = Lab1*.

**УСЛОВИЯ**

Загрузить изображение

1. Нажмите и не отпуская кнопку мыши, задайте рабочую область, на которой находится траектория с временными метками.
2. Обозначьте границы отрезка на линейке и введите длину отрезка в сантиметрах.
3. Обозначьте начало системы координат за пределами рабочей области.
4. Введите время между соседними метками в секундах.
5. Обозначьте центры светлых или темных временных меток.

**АНАЛИЗ**

Средняя скорость тела на выбранном участке траектории

	x1, см	x2, см	S, см	t2-t1, с	Vcp, см/с
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

**График движения тела**

**РЕЗУЛЬТАТ**

Построить график движения

Перейти к расчету средней скорости

Вычислить среднюю скорость

Перейти к расчету мгновенной скорости

Очистить экран

Рис. 8.3

12. Создайте обработчики следующих событий. 1) Создание формы: щелкните мышью по пустому месту на форме и в окне на вкладке *События* выберите *OnCreate*, нажмите на появившийся в соответствующей строке знак «...». 2) Нажатие, перемещение и отпускание кнопки мыши на объекте *Image1*: щелкните мышью по объекту *Image1* и на вкладке *События* сделайте аналогичные описанным действия для *OnMouseDown*, *OnMouseMove*, *OnMouseUp*. 3) Нажатие кнопки мыши на объекте *Shape1*: щелкните мышью по объекту *Shape1* и на вкладке *События* сделайте аналогичные описанным действия для *OnMouseDown*. 4) Нажатия на кнопки *Button1–Button6* формы: щелчком мыши выделите нужную кнопку и создайте обработчик события *OnClick* — это нужно сделать для каждой кнопки. При создании обработчика каждого события в окне *Редактор исходного кода* на вкладке *Unit1* появятся заголовки процедур, которые будут выполняться в случае, если данное событие (нажатие на кнопку формы, нажатие на кнопку мыши и другие) произошло.

Если все сделано правильно, в результате получится форма, внешний вид которой показан на рис.8.2. Теперь в окне *Редактор исходного кода* замените содержимое окна *Unit1* на приведенное ниже. Сохраните проект *Проект / Сохранить проект....* После компиляции (кнопка в виде зеленого треугольника в меню) должно появиться окно, внешний вид которого показан на рис. 8.3.



Программа 1  
Скорость прямолинейного движения

[1]

```

unit Unit1;

{$mode objfpc}{$H+}

interface

uses
  Classes, SysUtils, FileUtil, Forms, Controls, Graphics, Dialogs,
  ExtCtrls, StdCtrls, ExtDlgs, Grids, Buttons, ValEdit;

type
  toch = record {Тип данных "запись" для хранения информации
                об отмеченной красной точкой временной метке}
    tx, ty: real; {Координаты X и Y в сантиметрах}
    tn: integer; {Номер обозначенной временной метки}
  end;

  { TForm1 }

TForm1 = class(TForm)
  Button1: TButton; Button2: TButton; Button3: TButton;
  Button4: TButton; Button5: TButton; Button6: TButton;
  Edit1: TEdit; Edit2: TEdit; Image1: TImage;
  Image2: TImage; Label1: TLabel; Label10: TLabel; Label11: TLabel;
  Label12: TLabel; Label2: TLabel; Label3: TLabel; Label4: TLabel;
  Label5: TLabel; Label6: TLabel; Label7: TLabel; Label1: TLabel;
  Label8: TLabel; Label9: TLabel; OpenPictureDialog1: TOpenPictureDialog;
  Shape1: TShape; Shape2: TShape; StringGrid1: TStringGrid;
  procedure Button1Click(Sender: TObject);
  procedure Button2Click(Sender: TObject);
  procedure Button3Click(Sender: TObject);
  procedure Button4Click(Sender: TObject);
  procedure Button5Click(Sender: TObject);
  procedure Button6Click(Sender: TObject);
  procedure FormCreate(Sender: TObject);
  procedure Image1MouseDown(Sender: TObject; Button: TMouseButton;
    Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
  procedure Image1MouseMove(Sender: TObject; Shift: TShiftState;
    X, Y: Integer);
  procedure Image1MouseUp(Sender: TObject; Button: TMouseButton;
    Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
  procedure Shape1MouseDown(Sender: TObject; Button: TMouseButton;
    Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
private
  { private declarations }
public
  { public declarations }
  procedure Draw0 (x,y:integer); procedure Draw1 (x,y:integer);
  procedure Draw2 (x,y:integer); procedure Draw3 (x,y:integer);
  procedure Draw4 (x,y:integer);
end;

var
  Form1: TForm1;
mdown,{Истина, если кнопка мыши нажата (для выделения рабочей области)}
u, {Истина, если условия заданы и требуется перейти к расчетам}
c: boolean;{Истина при переходе от расчета средней скорости к мгновенной}
p1,p2,o: TPoint; {Точки: p1, p2 – левый верхний и правый нижний углы
рабочей области, o – начало координат}
n, i, f: integer;{Счетчики: n – используется для подсчета числа нажатий
на кнопку мыши и точек для вычисления средней скорости, i – используется
для организации различных циклов, f – номер столбца в заполняемой таблице}
d, l: integer; {Масштаб: l – длина отрезка на масштабирующей линейке
в сантиметрах, d – число пикселей в одном сантиметре}
a: array [1..2] of TPoint;{Точки на краях масштабного отрезка на линейке}
m: array [1..100] of TPoint; {Координаты красных точек}
t: array [1..2] of Toch; {Координаты зеленых точек}
bm: TBitmap; {Переменная, соответствующая загружаемому изображению}
rect: TRect; {Прямоугольник, задающий размеры изображения}
r: real; {Коэффициент пропорциональности между длинами оси X в XOY и тоX}

implementation

```

```

{$R *.lfm}
{ TForm1 }

[2]

{Обработка события - создание формы}
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  mdown:= false; n:=0; {Кнопка мыши пока не нажата}
  {Начальные положения фигур (рабочей области и указателя на точку,
  в которой вычисляется мгновенная скорость) - за пределами видимости}
  Shape1.Left:=-30; Shape1.Top:=-30; Shape2.Left:=-20;
  Shape2.Top:=-20; Lab1.Left:=-20; Lab1.Top:=-20;
  i:=0; u:=false; f:=1;
  Image2.Canvas.Brush.Color:=clWhite;
  Image2.Canvas.Rectangle(0,0,Image2.Width,Image2.Height);
end;

{Обработка нажатия на кнопку мыши в любой точке изображения, кроме
рабочей области}
procedure TForm1.Image1MouseDown(Sender: TObject; Button: TMouseButton;
Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
begin
  {Если условия еще не заданы, кнопка "Перейти к расчету средней скорости"
  не нажата}
  if not u then
  begin
    {Задаюся координаты рабочей области}
    if n=0 then Draw0(x,y);
    {Запоминаются и обрабатываются координаты концов масштабного отрезка}
    if (n=1) or (n=2) then Draw1(x,y);
    {Строится система координат}
    if n=3 then Draw2(x,y);
    n:=n+1; {Переход к обработке следующего нажатия на кнопку мыши}
  end;
end;

{Обработка нажатия на кнопку мыши в пределах рабочей области}
procedure TForm1.Shape1MouseDown(Sender: TObject; Button: TMouseButton;
Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
begin {Если условия еще не заданы}
  if not u then begin
    {Запоминаются координаты красных точек}
    if n>3 then Draw3(x,y); n:=n+1; end;
    {Если условия заданы, происходит переход к расчетам скоростей}
    if u then Draw4(x,y);
  end;
end;

{Обработка перемещения мыши с нажатой кнопкой - для построения
рабочей области}
procedure TForm1.Image1MouseMove(Sender: TObject; Shift: TShiftState; X,
Y: Integer);
begin {Если кнопка мыши нажата}
  if mdown then
  begin {Координаты правого нижнего угла рабочей области определяются
  положением курсора мыши, задают ширину и высоту рабочей области}
    p2.x:=x+7; p2.y:=y+7;
    Shape1.Width:=p2.x - p1.x; Shape1.Height:=p2.y - p1.y;
  end;
end;

{Обработка отпускания нажатой кнопки мыши - для построения
рабочей области}
procedure TForm1.Image1MouseUp(Sender: TObject; Button: TMouseButton;
Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
begin
  mdown:=false; {Завершение задания рабочей области}
end;

{Обработка нажатия на кнопку "Загрузить изображение"}
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  if OpenPictureDialog1.Execute then {Если вызвано диалоговое окно}
  begin
    bm := TBitmap.Create; bm.LoadFromFile(OpenPictureDialog1.FileName);
  end;
end;

```

[3]

```

{Координаты прямоугольника, в который будет загружено изображение}
rect.Left := 0; rect.Top := 0; rect.Right := Image1.Width;
rect.Bottom := Round(bm.Height * Image1.Width / bm.Width);
{Изменение высоты Image1 по высоте изображения}
Image1.Height:=rect.Bottom;
{Загрузка изображения}
Image1.Canvas.StretchDraw(rect, bm);
end;
end;

{Обработка нажатия на кнопку "Построить график движения"}
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
var v: TPoint; j, k, {Для сортировки массива красных точек по координате}
time, {Горизонтальная координата точки на графике (по оси времени)}
delta, {Расстояние между точками на графике - шаг по оси времени}
dt: integer; {Расстояние между делениями по оси времени}
time1: real; {Время в секундах для обозначения делений на оси времени}
begin
u:= true; c:= false; n:=0; {Условия заданы, переход к расчетам}
{Сортировка массива красных точек по координате X, необходимая,
если временные метки обозначались не по порядку}
for j:=1 to i-1 do
for k:=1 to i-j do
if m[k].x>m[k+1].x then
begin
v:=m[k]; m[k]:=m[k+1]; m[k+1]:=v;
end;
end;
{Вычисление расстояния между соседними точками на графике по оси времени}
delta:=round((Image2.Width-40)/(i-1));
time:=0; Image2.Canvas.Brush.Color:=clBlue; {Начальное время и цвет точек}
for j:=1 to i do {Величина i - число точек}
begin {Построение точки и переход к следующей}
Image2.Canvas.Ellipse(30+time-3, Image2.Height-10-round((o.x-60)/r)-
round(m[j].x-8+pl.x-o.x)/r)-3, 30+time+3, Image2.Height-10-
round((o.x-60)/r)-round((m[j].x-8+pl.x-o.x)/r)+3); time:=time+delta;
end; Image2.Canvas.Brush.Color:=clWhite;
{Вычисление времени движения и его округление до десятых долей секунды}
time1:=trunc(StrToFloat(Edit2.Text)*(i-1)*10)/10;
{Градуировка оси времени с шаром 0,1 с}
while round(time1*10)>0 do begin
dt:=round(time1*(Image2.Width-40)/(StrToFloat(Edit2.Text)*(i-1)));
Image2.Canvas.Line(30+dt, Image2.Height-10-round((o.x-60)/r)-3, 30+dt,
Image2.Height-10-round((o.x-60)/r)+3);
Image2.Canvas.TextOut(20+dt, Image2.Height-5-round((o.x-60)/r),
FloatToStrF(time1, ffFixed, 2, 1));
time1:=time1-0.1; end;
end;

{Обработка нажатия на кнопку "Перейти к расчету средней скорости"}
procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
var v: TPoint; j, k: integer;
begin
{Начальные условия для выполнения расчетов и сортировка массива красных
точек. Это уже сделано, если нажата кнопка "Построить график движения"}
u:= true; c:= false; n:=0;
for j:=1 to i-1 do for k:=1 to i-j do if m[k].x>m[k+1].x then
begin v:=m[k]; m[k]:=m[k+1]; m[k+1]:=v; end;
end;

{Обработка нажатия на кнопку "Вычислить среднюю скорость"}
procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);
begin
if abs(t[1].tn-t[2].tn)=0 then {Предотвращение деления на 0}
ShowMessage('Не выбрана пара точек!')
else if StrToFloat(Edit2.Text)=0 then {Предотвращение деления на 0}
ShowMessage('Некорректное время между метками!')
else begin {Вычисление скорости и вывод ее в пятый столбец таблицы}
StringGrid1.Cells[5, f]:=FloatToStrF(StrToFloat(StringGrid1.Cells[3, f])/
(StrToFloat(Edit2.Text)*abs(t[1].tn-t[2].tn)), ffFixed, 5, 0);
f:=f+1; {Переход к заполнению следующей строки таблицы}
n:=0; {Переход к выбору следующей пары зеленых точек}
end;
end;
end;

```

[4]

```

{Обработка нажатия на кнопку "Перейти к расчету мгновенной скорости"}
procedure TForm1.Button5Click(Sender: TObject);
begin
  c:=true;
end;

{Обработка нажатия на кнопку "Очистить экран"}
procedure TForm1.Button6Click(Sender: TObject);
begin
  for i:=1 to 5 do {i - номер столбца таблицы, f - номер строки таблицы}
    for n:=1 to f do StringGrid1.Cells[i,n]:=''; {Очистка таблицы}
  Image1.Canvas.FillRect(Image1.ClientRect); {Удаление изображения}
  Image1.Canvas.StretchDraw(rect, bm); {Новая загрузка того же изображения}
  mdown:= false; n:=0;
  {Начальное положение используемых объектов: фигур для обозначения
  рабочей области; указателя точки, где вычисляется мгновенная скорость}
  Shape1.Left:=-30; Shape1.Top:=-30; Shape1.Width:=1; Shape1.Height:=1;
  Shape2.Left:=-20; Shape2.Top:=-20; Lab1.Left:=-20; Lab1.Top:=-20;
  i:=0; u:=false; f:=1;
  {Исходные параметры графики}
  Image1.Canvas.Pen.Width:=1; Image1.Canvas.Pen.Color:=clBlack;
  Image1.Canvas.Brush.Color:=clWhite; Image2.Canvas.Brush.Color:=clWhite;
  {Очистка графика}
  Image2.Canvas.Rectangle(0,0,Image2.Width,Image2.Height);
end;

{Начало построения рабочей области, обозначение ее левого верхнего угла}
procedure TForm1.Draw0(x,y: integer);
begin
  pl.x:=x+7; pl.y:=y+7; Shape1.Left:=pl.x; Shape1.Top:=pl.y; mdown:=true;
end;

{Обработка масштабного отрезка}
procedure TForm1.Draw1(x,y: integer);
begin
  a[n].x:=x; a[n].y:=y; {Запись координат отмеченной точки в массив}
  Image1.Canvas.Ellipse(a[n].x-3,a[n].y-3,a[n].x+3,a[n].y+3);
  {Рисование точки}
  if n=2 then {Если обе точки уже обозначены}
    l:=round(sqrt(abs((a[1].x-a[2].x)*(a[1].x-a[2].x)+
    (a[1].y-a[2].y)*(a[1].y-a[2].y)))));
  {По теореме Пифагора вычисляется длина масштабного отрезка в пикселях}
end;

{Построение систем координат XOY - на Image1 и tOX - на Image2}
procedure TForm1.Draw2(x,y: integer);
var s, b, q: integer;
begin
  Image1.Canvas.Pen.Width:=2;
  o.x:=x; o.y:=y; {Начало координат}
  Image1.Canvas.Font.Size:=15;
  Image1.Canvas.TextOut(x-13,y+8,IntToStr(0));
  Image1.Canvas.TextOut(Image1.Width-50,y+9,'X, см');
  Image1.Canvas.TextOut(x+10,10,'Y, см');
  Image1.Canvas.Line(60,y,Image1.Width-5,y);
  r:= (Image1.Width-60)/(Image2.Height-20); {Кэффициент
  пропорциональности между длинами оси X на графиках XOY и tOX}
  Image2.Canvas.Line(30,Image2.Height-10,30,10);
  Image2.Canvas.Line(25,Image2.Height-10-round((x-60)/r),
    Image2.Width-10,Image2.Height-10-round((x-60)/r));
  Image2.Canvas.TextOut(35,10,'X, см');
  Image2.Canvas.TextOut(Image2.Width-25,Image2.Height-28-
    round((x-60)/r),'t, c');
  Image2.Canvas.TextOut(15,Image2.Height-20-round((x-60)/r),'0');
  Image1.Canvas.Line(x,10,x,y+20);
  Image1.Canvas.Line(Image1.Width-5,y,Image1.Width-15,y-5);
  Image1.Canvas.Line(Image1.Width-5,y,Image1.Width-15,y+5);
  Image1.Canvas.Line(x,10,x-5,25); Image1.Canvas.Line(x,10,x+5,25);
  if StrToFloat(Edit1.Text)=0 then
    ShowMessage('Некорректное значение длины отрезка шкалы!') else begin
    {Градировка оси X слева (XOY) и снизу (XOt) от начала координат}
    d:= round(1/StrToFloat(Edit1.Text)); {Масштаб в системе XOY}
    b:= Image2.Height-10-round((x-60)/r); {Начало координат в системе tOX}
  end;
end;

```

[5]

```

s:=x; {Начало координат в системе XOY}
q:=1; {Счетчик делений по оси X для обозначения делений с шагом 5 см}
while s > 150 do begin s:=s-(5*d); b:=b + round(5*d/r);
Image1.Canvas.Line(s,y-3,s,y+3);
Image1.Canvas.TextOut(s-12,y+8,IntToStr(-q*5));
Image2.Canvas.Line(29,b,33,b);
Image2.Canvas.TextOut(12,b-7,IntToStr(-q*5));inc(q); end;
{Градуировка оси X справа (XOY) и сверху (tOX) от начала координат}
q:=1; s:=x; b:= Image2.Height-10-round((x-60)/r);
while s < Image1.Width-150 do begin s:=s+(5*d);
b:=b - round(5*d/r); Image1.Canvas.Line(s,y-3,s,y+3);
Image1.Canvas.TextOut(s-12,y+8,IntToStr(q*5));
Image2.Canvas.Line(29,b,33,b);
Image2.Canvas.TextOut(15,b-7,IntToStr(q*5));
inc(q); end; s:=y;
{Градуировка оси Y}
while s > 100 do begin s:=s-(5*d); Image1.Canvas.Line(x-3,s,x+3,s);
end; end;
end;

{Рисование красных точек}
procedure TForm1.Draw3(x,y:integer);
begin
  i:=i+1;{Номер точки}
  {Рисование точки, координаты отсчитываются в объекте Image1, а
  нажатие на кнопку мыши осуществляется по объекту Shapel,
  поэтому к ним прибавляются координаты левого верхнего угла Shapel}
  Image1.Canvas.Brush.Color:=clRed;
  Image1.Canvas.Pen.Width:=1;
  Image1.Canvas.ellipse(x-12+p1.x,y-12+p1.y,x-4+p1.x,y-4+p1.y);
  m[i].x:=x; m[i].y:=y; {Запись координат точки в массив}
end;

{Рисование зеленых точек и указателя на точку, где рассчитывается
мгновенная скорость}
procedure TForm1.Draw4(x,y: integer);
var j: integer;
begin
  {Если еще не нажата кнопка "Расчитать мгновенную скорость"}
  if not c then begin
    {Перед рисованием пары зеленых точек все точки закрашиваются красным
    цветом, чтобы устранить предыдущие зеленые отметки}
    Image1.Canvas.Brush.Color:=clRed; Image1.Canvas.Pen.Width:=1;
    if n=0 then
      for j := 1 to i do
        Image1.Canvas.ellipse(m[j].x-12+p1.x,m[j].y-12+p1.y,
          m[j].x-4+p1.x,m[j].y-4+p1.y);
    n:=n+1; {Рисование зеленой точки}
    if (n=1) or (n=2) then
      begin
        Image1.Canvas.Brush.Color:=clLime;
        {Просматривается массив координат красных точек}
        for j:= 1 to i do
          {Если выбрана точка вблизи точки, имеющей в массиве красных точек,
          то координаты точки из массива становятся ее координатами}
          if abs(x - m[j].x) < 5 then
            begin
              {Запоминаются координата точки в сантиметрах и номер красной точки}
              t[n].tx:=(m[j].x-8+p1.x-o.x)/d; t[n].tn:=j;
              {Построение зеленой точки}
              Image1.Canvas.ellipse(m[j].x-12+p1.x,m[j].y-12+p1.y,
                m[j].x-4+p1.x,m[j].y-4+p1.y);
              {В первый и второй столбцы таблицы выводятся координаты точек}
              StringGrid1.Cells[n,f]:= FloatToStrF(t[n].tx, ffFixed, 3,1);
            end;
          if n=2 then begin {Если уже выбраны две зеленые точки}
            {Вычисляется S=|X2-X1| и записывается в третий столбец таблицы}
            StringGrid1.Cells[3,f]:= FloatToStrF(abs(StrToFloat
              (StringGrid1.Cells[1,f])-StrToFloat(StringGrid1.Cells[2,f])),ffFixed,5,1);
            {Вычисляется t2-t1 и записывается в четвертый столбец таблицы}
            StringGrid1.Cells[4,f]:= FloatToStrF(StrToFloat(Edit2.Text)*
              abs(t[1].tn-t[2].tn), ffFixed,5,2);
            n:=0; {Устанавливаются условия для выбора следующей пары точек}
          end; end; end;

```

```
[6]
{Если нажата кнопка "Перейти к расчету мгновенной скорости",
 просмотривается массив координат красных точек}
if c then for j:= 1 to i do
{Ищутся две точки, между которыми находится выбранная,
 проверяется условие, что выбранная точка не за границами
 расположения обозначенных меток}
if (x>=m[1].x) and (x<=m[i].x) and (x>=m[j].x) and (x<=m[j+1].x)
then begin
{Треугольный указатель перемещается в выбранную точку,
 значение надписи Lab1 определяется вычисленной на промежутке между
 найденными ближайшими точками средней скоростью}
Shape2.Top:=y+p1.y; Shape2.Left:=x+p1.x-(Shape2.Width div 2);
Lab1.Caption:= ' v = '+FloatToStrF(abs(round(10*(m[j+1].x-8+p1.x-o.x)
/d)/10-round(10*(m[j].x-8+p1.x-o.x)/d)/10)/StrToFloat(Edit2.text),
fffFixed,5,0)+' см/с'; Lab1.Top:=Shape2.Top+10; Lab1.Left:=Shape2.Left;
end;
end;
end.
```

3. Проведение учебного занятия. Кратко рассмотрим действия учителя или учащихся при выполнении натурального компьютерного эксперимента.



Рис. 8.4

Металлическую полосу ватным тампоном равномерно покрывают тонким слоем черного тонера от лазерного принтера. Полоску через разделительный конденсатор емкостью 1–10 нФ на рабочее напряжение 400 В и резистор сопротивлением 5,1 МОм подключают к фазовому проводу электроосветительной сети, дающей переменное напряжение 220 В частотой  $\nu = 50$  Гц (можно использовать переменное напряжение 36 В и даже 6 В от понижающего трансформатора). По полоске быстро проводят сухим пальцем или специальным электродом — на ней остается прерывистый след. Он представляет собой траекторию движения тела с временными метками, период появления которых  $T = 1/\nu = 0,02$  с (рис. 8.4).

Располагают рядом с траекторией линейку и фотографируют установку на цифровой фотоаппарат, планшет или мобильный телефон. Ватным тампоном стирают первую траекторию, получают и

фотографируют следующую (рис. 8.5). Все полученные фотографии результатов натурного эксперимента загружают в компьютер.

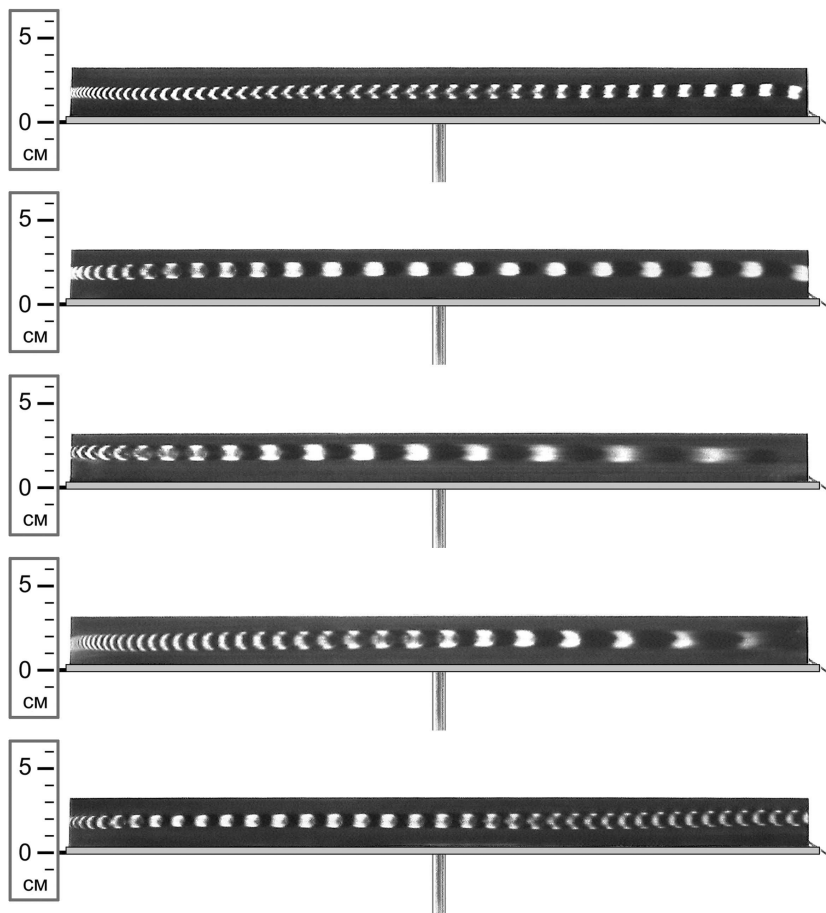


Рис. 8.5

Запускают программу «Скорость прямолинейного движения» [50]. Работают с программой по схеме *условия* → *результат* → *анализ* [84].

**Задают условия.** Нажимают на кнопку *Загрузить изображение*, в появившемся диалоговом окне выбирают одну из полученных в опыте фотографий траектории движения тела с временными метками и нажимают кнопку *Открыть*. На экране появляется выбранная фотография траектории с временными метками (рис. 8.6). Далее действуют в последовательности, указанной справа на форме.



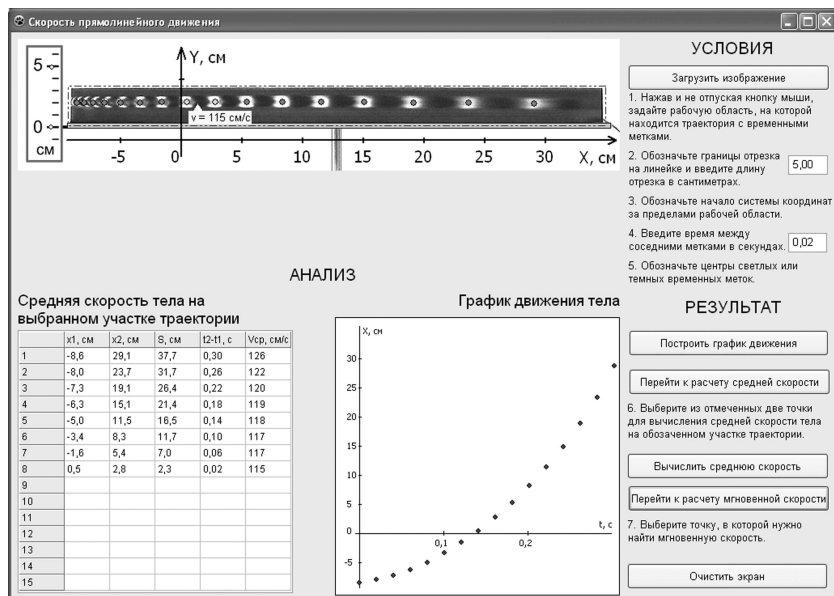


Рис. 8.6

1. Задают рабочую область, на которой находится траектория с временными метками.

2. Обозначают границы отрезка на масштабной линейке и вводят длину этого отрезка в сантиметрах, чтобы выполнять все расчеты в системе СИ.

3. Обозначают начало системы координат. При этом на фотографии появляются оси  $X$  и  $Y$ , а внизу окна программы — оси  $t$  и  $X$ . Оси градуируются на основе введенного масштаба.

4. Вводят время между соседними метками в секундах. Например, для траектории, полученной методом, описанным в п.1, время между метками составляет 0,02 с.

5. Чтобы компьютер мог распознать местоположения временных меток, обозначают их с помощью мыши. При этом на месте каждого нажатия появляется красный кружок. Условия заданы.

Получают результат. Нажимают на кнопку *Построить график движения*. При этом в системе координат  $tOX$  градуируется ось времени и выводятся экспериментальные точки.

Далее вводят понятие средней скорости. Нажимают на кнопку *Перейти к расчету средней скорости*.

6. Нажатиями на кнопку мыши выбирают из отмеченных красных точек две точки для вычисления средней скорости на обозначенном участке траектории. Эти точки окрашиваются в зеленый

цвет, и в строке таблицы появляются их координаты в сантиметрах, величины  $S = |\Delta x|$  и  $\Delta t$ .

Нажимают на кнопку *Вычислить среднюю скорость* — в таблице выводится значение этой величины. Выбирают следующую пару точек.

Для вычисления мгновенной скорости нажимают на кнопку *Перейти к расчету мгновенной скорости*.

7. Нажатием на кнопку мыши на любом участке промаркированной части траектории выбирают точку и рядом с ней появляется указатель, содержащий значение мгновенной скорости.

Чтобы от вычисления мгновенной скорости снова перейти к расчету средней, опять нажимают на кнопку *Перейти к расчету средней скорости*. В случае ошибочных действий, чтобы начать работу снова, можно отменить все выполненные построения, нажав кнопку *Очистить экран*.

На рис. 8.6 показаны результаты использования программы для обработки фотографии траектории движения тела с временными метками.

**Проводят анализ** выполненного эксперимента: по графику движения определяют равномерно или неравномерно двигалось тело; на траектории с временными метками определяют участки ускоренного, замедленного и близкого к равномерному движений; в разных точках траектории находят мгновенные скорости и сравнивают их с соответствующими средними скоростями; определяют общее время движения и т. д.

В заключение отметим, что предложенная методика формирования понятия скорости движения тела даже при использовании излишне теоретизированного учебника обеспечивает глубокое усвоение сущности метода научного познания, структуры физического эксперимента *условия* → *результат* → *анализ* и самостоятельную познавательную деятельность учащихся на уроке физики, развивающую экспериментальные, теоретические и компьютерные умения школьников.

Приведенная здесь компьютерная программа, поясняющие ее детальные комментарии и подробные рекомендации отражают принципиальный подход авторов к информационному сопровождению натурального компьютерного эксперимента. Это сопровождение должно быть таким, чтобы учитель физики, не владеющий навыками программирования, мог самостоятельно или вместе со школьниками понять логику программы, ввести в компьютер ее текст, запустить программу, и выполнить компьютерную обработку данных натурального эксперимента.

## Глава 9

# СОЗДАНИЕ НОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ УЧЕБНОЙ ФИЗИКИ

В соответствии с современным ФГОС в компетенцию учителя физики входят умения разработки методических и дидактических материалов, организации и сопровождения учебно–исследовательской и проектной деятельности обучающихся. Практическая реализация этих умений близка к оптимальной, если исследовательские проекты учеников способствуют решению методических проблем учителя. В таком случае учитель и ученик в совместной исследовательской деятельности преследуют общую цель и получают результат, который обязательно найдет применение на практике.

Наиболее значимым результатом исследовательской деятельности школьного учителя является создание нового элемента учебной физики. Как известно, такой элемент включает в неразрывном единстве учебную физическую теорию, учебный физический эксперимент и методику их изучения. Объективная новизна может присутствовать во всех перечисленных компонентах или в некоторых из них. Новизна в учебной теории достигается, например, построением оригинальной физической модели явления, рациональным выводом формул, нетрадиционным применением математического аппарата, разработкой нетривиальных учебных задач. Новизна учебного физического эксперимента определяется степенью новизны его структурных элементов, то есть условий, результата и анализа. Новизна методики характеризуется, главным образом, ее эффективностью, поскольку разработка и применение методики, эффективность которой ниже традиционной, не имеют особого смысла.

Примеры новых элементов учебной физики приведены в предыдущих главах монографии. К ним относятся учебные опыты, которых не существовало раньше, оригинальные экспериментальные установки, учебные теории, методики изучения физических явлений, модели уроков, компьютерные программы. Все это разработано авторами в совместной исследовательской деятельности со студентами педагогического вуза и учащимися средних школ.

В заключительной главе монографии рассмотрены новые элементы учебной физики, относящиеся к хорошо известным явлени-

ям, более столетия изучающимся в школе. Вначале обсуждается дидактическая модель урока по исследованию явления электромагнитной индукции, обеспечивающая развитие физического мышления учащихся в том смысле, который придают этому понятию выдающиеся физики. Затем раскрыт процесс экспериментирования, приводящий к доказательному обоснованию закона Фарадея электромагнитной индукции. Сделано это для того, чтобы показать, как достигается новизна в учебной физике при дидактическом исследовании хорошо известных ее элементов.

### **9.1. Развитие физического мышления в цикле научного познания**

В подавляющем большинстве исследований по теории и методике обучения физике демонстрационные опыты рассматриваются в качестве наглядных иллюстраций теоретических положений. В этом смысле натурный физический эксперимент в принципе ничем не отличается от имитационного компьютерного эксперимента. Более того, с точки зрения наглядности натурный эксперимент нередко проигрывает компьютерной имитации.

Принципиальное значение натурального физического эксперимента заключается в том, что он носит не иллюстративный, а доказательный характер. Принято различать фундаментальный, проверочный и прикладной эксперименты. В свою очередь фундаментальный эксперимент делится на феноменологический, функциональный и измерительный (см. рис. 6.3). В демонстрационном эксперименте учитель вместе с учащимися чаще всего доказывает существование физического явления, обосновывает определенную зависимость между физическими величинами, определяет значение физической величины или показывает возможность практического применения физического явления.

Важнейшей дидактической функцией учебного физического эксперимента является формирование и развитие физического мышления учащихся. Существуют разные понимания сущности физического мышления.

Мы предпочитаем тот смысл, который в это понятие вкладывали выдающиеся физики. Например, лауреат Нобелевской премии П. Л. Капица писал: «Воспитание творческих способностей в человеке основывается на развитии самостоятельного мышления. На мой взгляд, оно может развиваться в следующих основных направлениях: умение научно обобщать — индукция; умение применять теоретические выводы для предсказания течения процессов на практике — дедукция; и, наконец, выявление противоречий

между теоретическими обобщениями и процессами, происходящими в природе, — диалектика» [16, с. 195].

Академик Л. И. Мандельштам отмечал: «Есть две степени понимания. Первая, когда вы изучили какой-нибудь вопрос и как будто знаете все, что нужно, но вы еще не можете самостоятельно ответить на новый вопрос, относящийся к изучаемой области. И вторая степень понимания, когда появляется общая картина, ясное понимание всех связей. Такие вопросы, на которые нельзя ответить, пока этой второй степени понимания нет, мы называем парадоксами. Разбор подобных парадоксов очень полезен для достижения такого полного понимания» [19, с. 8].

Учебные опыты, демонстрируемые на уроках физики, обладают неисчерпаемым потенциалом для развития самостоятельного физического мышления учащихся. Но для реализации этого потенциала необходима эффективная методика изучения конкретного физического явления. Суть ее сводится к тому, что школьники на уроке физики должны находиться в таких условиях, в которых их деятельность происходит в соответствии с циклом научного познания: от эксперимента к теории и от нее к эксперименту и вновь к теории. При этом развивается индуктивное, дедуктивное и диалектическое мышление, преодолеваются парадоксы и достигается вторая степень понимания.

## 9.2. Введение и формирование понятия ЭДС индукции

Кратко рассмотрим дидактическую модель процесса формирования понятия ЭДС индукции [3, с. 157–161] при использовании на уроке доказательного демонстрационного эксперимента. Демонстрация опытов сопровождается изложением теории в форме внутреннего диалога учителя, произносимого в классе вслух.

**1. Построение теоретической модели явления.** Школьникам напоминают, что ими уже изучено действие магнитного поля на проводник с током в установке, схематически показанной на рис. 9.1. В ней проводник длиной  $l$ , по которому идет ток силой  $I$ , расположен под углом  $\alpha$  к вектору индукции магнитного поля  $\vec{B}$ . Проведенные эксперименты показали существование силы Ампера  $\vec{F}_A$ , направление которой определяется правилом левой руки, а модуль равен

$$F_A = IBl \sin \alpha. \quad (9.1)$$

Чтобы найти причину силы Ампера, предполагают, что заряд  $q$ , прошедший с постоянной скоростью  $\vec{v}$  за небольшое время  $t$  малый путь  $l = vt$ , можно считать элементом электрического тока силой

$$I = \frac{q}{t} = q \frac{v}{l}.$$

Если элемент тока направлен перпендикулярно магнитному полю, то  $\alpha = \pi/2$  и  $\sin \alpha = 1$ . В этой теоретической модели в соответствии с формулой (9.1) на элемент тока действует сила  $F_L$ , равная по модулю

$$F_L = qvB, \quad (9.2)$$

направление которой определяется также правилом левой руки.

Но считать ее силой Ампера уже нельзя, так как она, вообще говоря, не относится к проводникам с токами. Поэтому силу  $F_L$  называют силой Лоренца по имени ученого, широко применявшего ее в своих теоретических исследованиях.

**2. Экспериментальное доказательство существования силы Лоренца.** Вместе с учащимися приходят к догадке, что для получения требуемого доказательства нужно свободные заряды, хаотически движущиеся внутри проводника, привести в направленное движение.

Учащимся показывают оборудование для опытов: два дюралевых уголка, круглый дюралевый стержень, плоский керамический магнит, чувствительный вольтметр, батарею гальванических элементов и соединительные провода (рис.9.2).

На глазах школьников собирают первую экспериментальную установку: уголки располагают параллельно друг другу и магнитом прижимают их к подъемному столику; помещают на получившиеся рельсы круглый стержень, выполняющий функцию переключки; рельсы соединяют с вольтметром.

Выполняют эксперимент: перемещают проводящий стержень по рельсам сначала в одну сторону, а затем — в другую.

Учащиеся наблюдают результат опыта: когда стержень неподвижен, вольтметр показывает отсутствие напряжения между рельсами; при движении проводника по рельсам между ними возникает

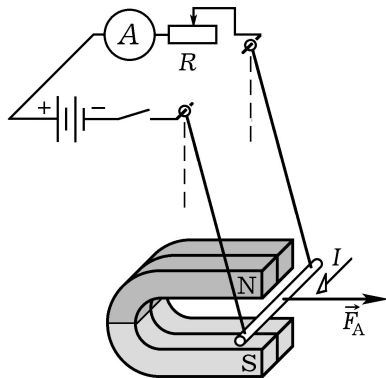


Рис. 9.1

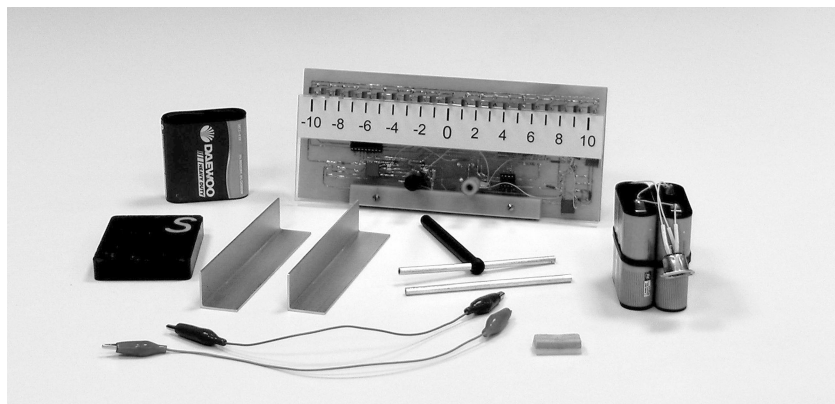


Рис. 9.2

разность потенциалов, знак которой зависит от направления движения (рис. 9.3).

Напоминают школьникам, что с подобным явлением они уже встречались, когда наблюдали электромагнитную индукцию при перемещении катушки в магнитном поле.

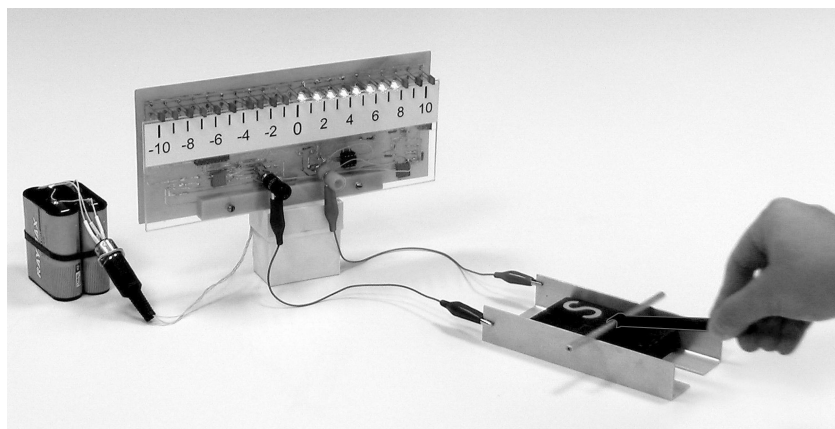


Рис. 9.3

Объяснить результат опыта можно только тем, что свободные заряды внутри проводника, движущегося в магнитном поле, перемещаются к одному из его концов. В проводнике свободными зарядами являются электроны. Применяя к ним правило левой руки, убеждаются, что наблюдаемая в опыте полярность напряжения между рельсами соответствует направлению действующей на электроны силы Лоренца.



Переворачивают магнит другим полюсом и показывают, что полярность напряжения между рельсами при движении перемычки меняется на противоположную. Отсюда следует вывод, что заряды внутри проводника действительно испытывают на себе действие сил Лоренца.

Обобщают полученный результат, предполагая, что силы Лоренца действует не только на свободные заряды в проводнике, но и на любую заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле.

**3. Сила Ампера как результирующая сил Лоренца.** Свободные заряды в проводнике можно привести в направленное движение, не только перемещая проводник, но и приложив к его концам напряжение. Чтобы убедиться в этом на установке предыдущего опыта, отключают от рельсов вольтметр; один из рельсов проводом соединяют с положительным полюсом батареи гальванических элементов, к другому рельсу подсоединяют второй провод.

Выполняют эксперимент: прикасаются концом провода, соединенного с рельсом, к отрицательному полюсу батареи так, чтобы через дюралевый стержень пошел электрический ток.

Учащиеся наблюдают результат опыта: стержень перемещается по рельсам и скатывается с них (рис. 9.4). Отсюда они делают вывод, что на проводник с током со стороны магнитного поля действует сила Ампера.

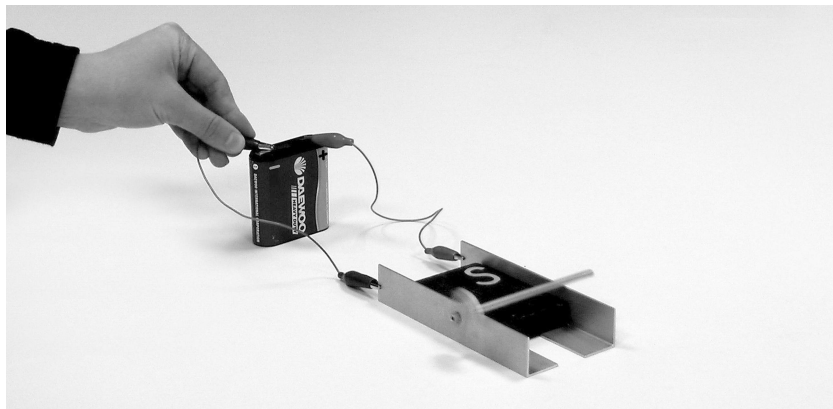


Рис. 9.4

Изображают схему эксперимента (рис. 9.5 а), на которой обозначают: направление вектора индукции  $\vec{B}$  магнитного поля; вектор скорости  $\vec{v}$ , которую приобретают свободные электроны в проводнике под действием электрического поля, созданного источником;

направление электрического тока  $I$ ; силы Лоренца  $\vec{F}_L$  и Ампера  $\vec{F}_A$ ; вектор скорости  $\vec{v}$ , с которой движется перемычка.

Вместе со школьниками исследуют наблюдаемое в опыте явление: при перемене полярности подключения источника или повороте магнита другим полюсом направление движения стержня меняется на противоположное. Выясняют, что направления вектора магнитной индукции, силы тока в проводнике и вектора силы Ампера взаимно перпендикулярны. Показывают, что направление силы Ампера можно определить по правилу левой руки.

Таким образом, серией опытов еще раз подтверждают экспериментальный факт: на проводник с током в магнитном поле действует сила Ампера и, перемещая его, совершает положительную работу.

**4. Работа сил Ампера и Лоренца.** Физической причиной силы Ампера является сила Лоренца. Однако сила Лоренца ориентирована перпендикулярно направлению движения заряда, поэтому никакой работы совершать не может. А сила Ампера, как это следует из проделанного только что опыта, перемещая стержень с током по рельсам, совершает работу.

Чтобы устранить обнаруженное противоречие, нужно разобраться с направлением скорости электронов в движущейся перемычке. Схематически эта ситуация изображена на рис. 9.5 б: перемычка внешней силой  $\vec{F}$  приводится в движение со скоростью  $\vec{v}$ . При этом на электроны действует сила Лоренца, и они приобретают скорость  $\vec{u}$ , направленную вдоль перемычки. Тогда скорость электронов относительно лабораторной системы отсчета равна  $\vec{V} =$

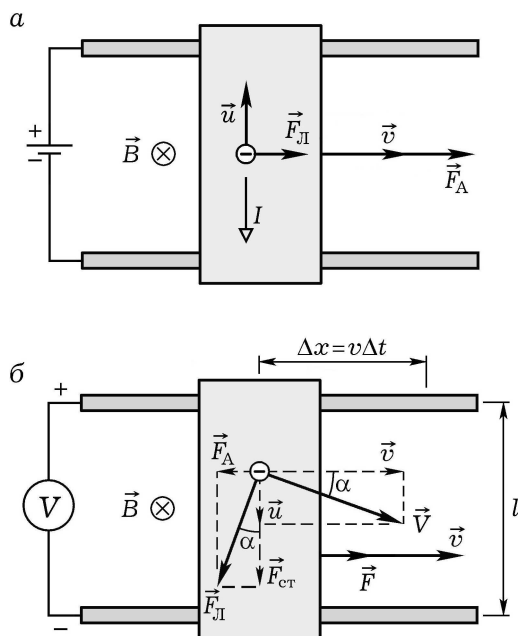


Рис. 9.5

$= \vec{v} + \vec{u}$ . В этой системе отсчета сила Лоренца  $\vec{F}_L$  направлена перпендикулярно вектору  $\vec{V}$ .

Полную силу Лоренца  $\vec{F}_L$  можно разложить на две составляющие:  $\vec{F}_A$ , направленную против скорости  $\vec{v}$ , и  $\vec{F}_{ст}$ , направленную вдоль перемычки и сообщающую электронам скорость  $\vec{u}$ . Очевидно  $\vec{F}_A$  — это сила Ампера, направленная против внешней силы  $\vec{F}$ , перемещающей перемычку, и равная ей по модулю, если перемычка движется равномерно с постоянной скоростью  $\vec{v}$ . Сила  $\vec{F}_{ст}$  является сторонней силой, приводящей к появлению разности потенциалов на концах перемычки.

Работа силы Лоренца равна сумме работ силы Ампера и сторонней силы и равна нулю:

$$A_L = A_A + A_{ст} = 0.$$

Работа силы Ампера  $\vec{F}_A$  по модулю равна работе внешней силы  $\vec{F}$ :

$$A_A = -A_{внеш}.$$

Из двух предыдущих равенств следует, что работа сторонней силы при равномерном движении перемычки равна работе внешней силы

$$A_{ст} = A_{внеш}, \quad (9.3)$$

то есть внешняя сила, приводящая перемычку в движение, и является сторонней силой.

Таким образом, сила Лоренца является причиной возникновения разности потенциалов на концах проводника, движущегося в однородном магнитном поле перпендикулярно его направлению. Составляющая силы Лоренца, перпендикулярная проводнику, является силой Ампера. Сторонней силой является составляющая полной силы Лоренца, направленная вдоль проводника.

**5. Закон Фарадея электромагнитной индукции.** По определению ЭДС источника равна отношению работы сторонних сил  $A_{ст}$  по перемещению заряда  $Q$  от одного полюса источника до другого к величине этого заряда:

$$\mathcal{E} = \frac{A_{ст}}{Q} = -\frac{A_A}{Q}. \quad (9.4)$$

Так как при равномерном движении со скоростью  $v$  за время  $\Delta t$  перемычка перемещается на расстояние  $\Delta x = v\Delta t$  (рис. 9.5 б), то работа сторонней силы с учетом выражения для силы Ампера (9.1) при  $\alpha = \pi/2$  равна:

$$A_{ст} = -A_A = -F_A \Delta x = -F_A v \Delta t = -IBlv \Delta t,$$

где  $l$  — длина перемычки. За то же время по перемычке переместится заряд  $Q$  и пройдет ток силой  $I$ , поэтому  $Q = I\Delta t$ . Подставляя выражения для  $A_{\text{ст}}$  и  $Q$  в формулу (9.4), получаем, что ЭДС индукции равна:

$$\mathcal{E} = -\frac{IBvl\Delta t}{I\Delta t} = -Bvl. \quad (9.5)$$

Поскольку

$$lv = l\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta S}{\Delta t},$$

где  $\Delta S$  — изменение площади контура, пронизываемого магнитным полем, и  $B\Delta S = \Delta\Phi$  — изменение соответствующего магнитного потока, то выражение для ЭДС индукции получаем в форме

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}, \quad (9.6)$$

которая известна из материала предыдущих уроков.

**6. Новизна элемента учебной физики.** Рассмотренная здесь дидактическая модель процесса формирования понятия ЭДС индукции представляет собой полный элемент учебной физики, включающий теорию, эксперимент и методику их изучения. Такого элемента в учебной физике раньше не было, поэтому его следует считать новым. В принципе его новизна может быть оценена количественно [84]. Если ограничиться качественной оценкой, то признаки новизны присутствуют в учебной теории, совершенно новыми являются учебный эксперимент и методика введения и формирования понятия ЭДС индукции.

На основе представленной дидактической модели могут быть разработаны модели конкретных уроков разного уровня и содержания для основной и старшей школы. Практически полностью обсуждаемая модель может быть реализована на уроке в выпускном классе профильной школы.

Однако при любой конкретной трансформации нового элемента учебной физики нужно иметь в виду, что физическое мышление развивается в процессе теоретической и экспериментальной деятельности учащихся. Такая деятельность организуется учителем в первую очередь на уроках и носит характер учебного познания физических явлений в совместном творчестве учителя и учащихся. Учебное познание циклично, причем каждый полный цикл содержит неразрывно связанные теоретический и экспериментальный компоненты (рис. 9.6). В циклах в процессе отбора фактов развиваются дедуктивное и индуктивное мышление. При переходах

от эксперимента к теории и от теории к эксперименту развивается интуитивное мышление. Вывод следствий из теоретической модели осуществляется, главным образом, дедуктивными рассуждениями, определяющими логическое мышление. Несовпадение результатов эксперимента с выводами теории порождает парадоксы, преодоление которых способствует развитию диалектического мышления. Все эти виды мышления тесно переплетены и отделить один от другого нелегко.



Рис. 9.6

Мы полагаем, что при изучении физики школьнику нет особой необходимости задумываться о формах своей мыслительной деятельности. Важно, чтобы он осознал, что силой собственного разума ему удастся простыми и доступными средствами надежно убедиться в том, что непосредственно глазами увидеть невозможно: например, обосновать существование в проводниках свободных электронов, которые можно электрическим полем заставить упорядоченно двигаться, магнитным полем изменить направление их движения и использовать эти возможности для совершения полезной механической или электрической работы.

### 9.3. Экспериментирование в учебной физике

Натурный или реальный физический эксперимент, используемый для обучения, подобно научному эксперименту, нагружен теорией. Не владея учебной теорией, невозможно создать адекватные условия учебного эксперимента и корректно проанализировать его результат.

В теории и методике обучения физике термин «экспериментирование» долгое время носил негативный оттенок, так как ассоциировался с известным «методом научного тыка», подразумевающим малоосмысленные действия экспериментатора по достижению желаемого результата. Первоначальный смысл продуманной последовательности экспериментальных действий возвращен этому

термину Ю. А. Сауровым, который считает экспериментирование основным видом учебной деятельности: «экспериментирование как вид деятельности — основополагающе, фундаментально, это основной (фактически единственный) объект усвоения или присвоения, овладения» [98, с.159–167].

Как уже отмечалось выше, любой эксперимент включает три основных структурных компонента: *условия, результат, анализ*. Если условия эксперимента обеспечиваются реально существующими предметами, а его результат представляет собой действительно происходящие явления, то эксперимент называется реальным или *натурным*. Каждому натурному эксперименту предшествует и сопутствует *умозрительный*, который осуществляется в сознании экспериментатора с образами реальных предметов и явлений. Умозрительный эксперимент, который принципиально невозможно поставить в реальности, называется *мысленным*. Например, невозможно выполнить мысленные эксперименты Г. Галилея по прямолинейному равномерному движению, Дж. Максвелла с сортирующим молекулы демоном, А. Эйнштейна по синхронизации часов в инерциальных системах отсчета, Н. Бора по дифракции электронов на щелях и т. д.

*Мысленный физический эксперимент* — это познавательный процесс, осуществляемый в рамках определенной теории с идеальными моделями объектов и явлений, который имеет структуру реального эксперимента, но не может быть выполнен в действительности.

В дидактике физики любой опыт, который на самом деле не проводится, нередко называют мысленным, а обычные учебные задачи — исследованиями. Вряд ли такое размывание границы между высшими озарениями человеческого интеллекта и примитивными школьными рассуждениями способствует формированию личности и научного стиля мышления. При обучении важно другое, а именно, направляемая учителем познавательная деятельность ученика, в процессе которой он многократно самостоятельно реализует все этапы цикла научного познания в доступной ему области знания.

Изложенное выше показывает, что экспериментирование является единственным методом, обеспечивающим создание и исследование новых элементов учебной физики.

## 9.4. Технология создания нового элемента учебной физики

Покажем, как в процессе мысленного, умозрительного и натурального экспериментирования возникает новый элемент учебной

физики. Для определенности используем хорошо известное всем изучавшим физику явление электромагнитной индукции.

### 1. Мысленный эксперимент.

Согласно теории Максвелла изменяющееся магнитное поле порождает вихревое электрическое, и этот процесс описывается уравнением:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt}, \quad (9.7)$$

где  $L$  — замкнутый контур в магнитном поле,  $\vec{E}$  — напряженность вихревого электрического поля в точках контура,  $\Phi$  — поток вектора магнитной индукции  $\vec{B}$  через поверхность, ограниченную контуром.

Чтобы подтвердить справедливость этого уравнения, возьмем короткий постоянный магнит и будем поступательно перемещать его с постоянной скоростью  $\vec{v}$  в направлении максимального значения вектора индукции магнитного поля  $\vec{B}$  (рис. 9.7 а). Тогда в соответствии с формулой (9.7) в неподвижной системе отсчета возникнет вихревое электрическое поле напряженностью  $\vec{E}$ . Перед движущимся магнитом поток возрастает, а за ним убывает, поэтому вихревое электрическое поле имеет направления, обозначенные на рисунке стрелками.

В плоскости, через которую пролетает магнит, поток  $\Phi$  изменяется так, как показано на рис. 9.7 б. Тогда производная потока по времени  $d\Phi/dt$  имеет вид, представленный на рис. 9.7 в. Точно так же должна выглядеть зависимость модуля напряженности вихревого электрического поля  $E$  от времени  $t$  в плоскости, которую пронизывает магнит.

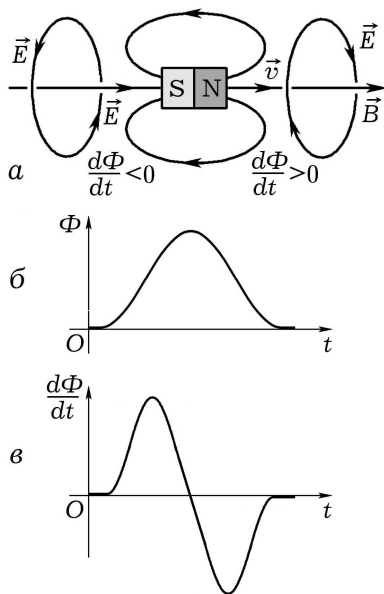


Рис. 9.7

**2. Умозрительный эксперимент.** Электрическое поле обнаруживается по действию его на свободные заряды. Если в область изменения магнитного поля ввести свободные носители заряда, то вихревое электрическое поле приведет их в круговое движение. Это движение в принципе можно наблюдать.



Проще всего в качестве носителей заряда использовать электроны, которые свободно перемещаются, например, по металлу. Пропустим магнит через отверстие в металлическом листе, тогда в нем возникнет индукционный ток  $i$ , совпадающий по направлению с вихревым электрическим полем (рис. 9.8 а).

Чем больше скорость изменения магнитного поля, тем выше скорость движения носителей заряда, следовательно, больше сила тока, создаваемого в проводящей среде вихревым электрическим полем. Чем больше сила тока, тем легче его обнаружить.

Можно, например, измерить степень нагрева металлического листа индукционным током. Но для этого нужно вызвать в листе большой ток, а он будет тем больше, чем меньше сопротивление листа, значит, чем больше его толщина. Но чем толще металл, тем больше его масса, следовательно, меньше увеличение температуры при том же количестве выделившегося тепла. Вряд ли на этом пути можно добиться требуемых результатов.

Заменим металлический лист витком провода в разрыв которого включен амперметр или другой индикатор тока, например, лампочка (рис. 9.8 б). При пролете магнита сквозь виток с лампочкой следует ожидать импульса тока. Но сила тока будет тем больше, чем больше скорость изменения магнитного потока, значит, индикатор тока должен быть малоинерционным, иначе ток небольшой силы обнаружить не удастся.

Вместо лампочки можно взять светодиод, инерционность которого существенно меньше, чем лампочки. Однако светодиод вспыхнет лишь при условии, что подаваемое на него напряжение превышает пороговое значение, а оно составляет несколько вольт. Кроме того, светодиод позволит обнаружить индукционный ток,

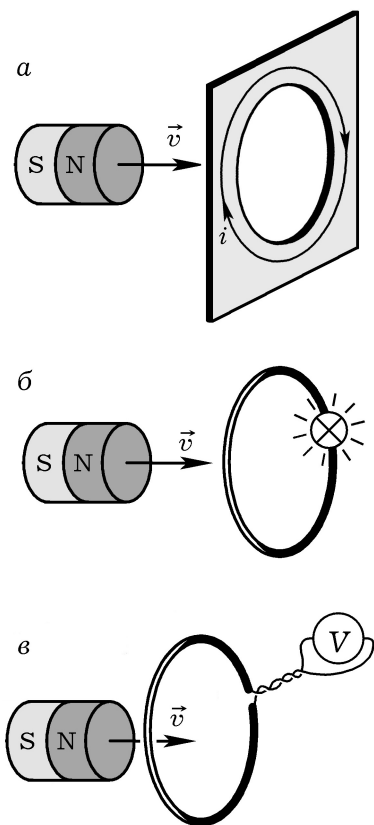


Рис. 9.8

но не измерить его величину. Наконец, светодиод обладает лишь односторонней проводимостью.

Из витка уберем измеритель тока. Тогда при пролете магнита сквозь разомкнутый виток на его концах возникнет ЭДС индукции  $\mathcal{E}$ , пропорциональная скорости изменения магнитного потока

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}. \quad (9.8)$$

Эту ЭДС можно измерить малоинерционным вольтметром  $V$  (рис. 9.8 в). Так как необходимо исследовать зависимость напряженности вихревого электрического

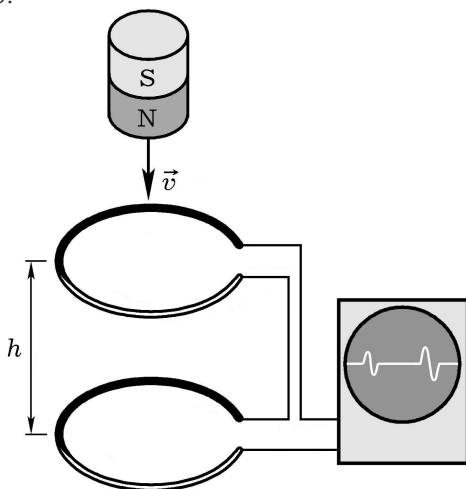


Рис. 9.9

поля от времени, то в качестве измерительного прибора лучше всего использовать осциллограф.

Представим, что магнит свободно падает, пролетая через расположенный горизонтально виток. Тогда скорость магнита легко оценить по высоте, с которой он начал падать. Если под первым расположить второй точно такой же виток, соединить оба витка последовательно и подключить к входу осциллографа, то на экране будут видны две осциллограммы ЭДС индукции (рис. 9.9), подобные показанной на рис. 9.7 в.

В реальном эксперименте, чтобы повысить индукцию магнитного поля, используем неодимовый магнит, а для увеличения ЭДС индукции вместо витка возьмем плоские катушки.

**3. Натурный эксперимент.** На стеклянной трубке длиной 80 см и внутренним диаметром 15 мм через 10 см расположены 7 одинаковых катушек, каждая из которых содержит по 10 витков тонкого многожильного провода. Катушки соединены последовательно и подключены к компьютерному осциллографу. Неодимовый магнит диаметром 10 мм и толщиной 3 мм приклеен к основанию диаметром 8 мм пластикового конического держателя длиной 50 мм. Трубка расположена вертикально над поролоновым амортизатором. Магнит держат посередине отверстия трубки возле его верхнего конца и отпускают так, чтобы он упал, не задев стенок трубки. При этом на экране компьютерного осциллографа получается картина, показанная на рис. 9.10.

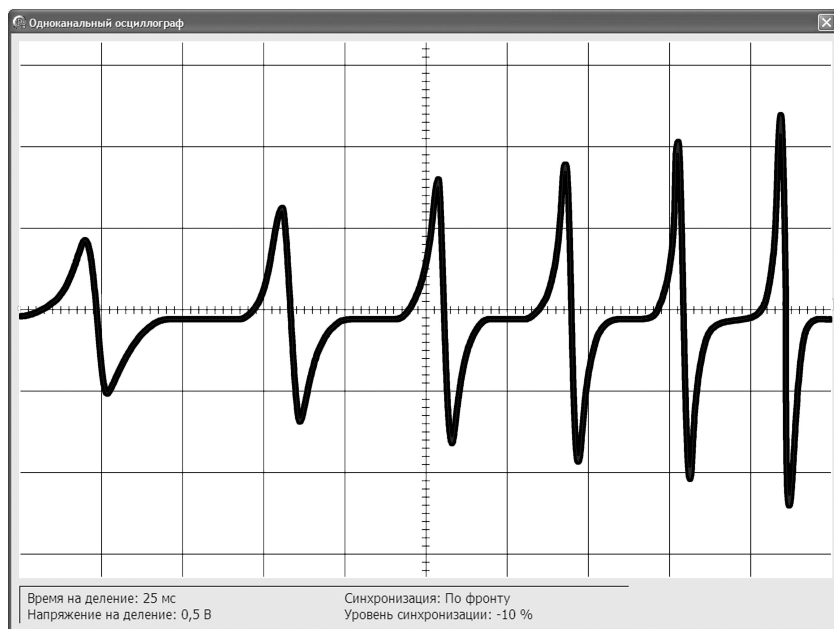


Рис. 9.10

По осциллограмме видно, что промежутки времени между соседними импульсами ЭДС индукции от отдельных катушек возрастают пропорционально корням квадратным из целых чисел, следовательно, магнит двигался равноускоренно. Максимальное значение ЭДС индукции импульса зависит от номера катушки линейно, следовательно, оно пропорционально скорости движения магнита.

Таким образом, натурный эксперимент подтверждает справедливость выражения (9.8) и уравнения (9.7), так как показывает факт наличия вихревого электрического поля и пропорциональность напряженности этого поля скорости изменения магнитного потока. Поэтому разработанный демонстрационный опыт может быть положен в основу нового элемента учебной физики, который, как известно, должен в органическом единстве содержать учебную теорию, учебный эксперимент и методику их изучения.

Изложенное еще раз показывает, что понятие экспериментирования отнюдь не ограничено рамками учебного физического эксперимента, а напротив, охватывает все виды мыслительной деятельности при изучении физики. Именно поэтому экспериментирование представляет собой «стратегический ресурс развития физического образования» [95, с. 77–112].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Содержание естественнонаучного образования включает не только необходимую для самостоятельной жизни систему знаний и умений, но и деятельность учащихся по овладению этой системой. Базовой естественнонаучной дисциплиной является физика, поскольку именно физика позволяет сформировать в сознании школьников современное научное мировоззрение и заложить основы научного метода познания.

В монографии сделана попытка ответа на вопрос: что нужно предпринять, чтобы требования ФГОС относительно содержания физического образования были воплощены в реальность?

С этой целью в ней произведен тщательный отбор и критический анализ имеющихся фактов; осуществлена постановка проблемы совершенствования отечественного естественнонаучного образования; выполнено построение теоретической модели процесса обучения физике на основе научного метода познания; выведены следствия из этой модели; следствия доведены до конкретных решений, носящих прямые рекомендации; многие из них проверены в реальном педагогическом эксперименте или внедрены в учебно-воспитательный процесс, как уже выдержавшие экспериментальную проверку.

Основной вывод, к которому приходят авторы, заключается в следующем. Для практической реализации положений ФГОС, относящихся к физическому образованию в массовой школе, необходим учитель физики нового типа. Учитель, который не только знает теоретически, но и умеет делать практически. Учитель, который в совершенстве владеет учебным физическим экспериментом и в состоянии осуществлять совместную с учащимися внеурочную деятельность по разработке новых учебных опытов и приборов. Учитель, который не боится компьютерных программ и использует на уроках физики натурный компьютерный эксперимент. Одним словом, нужен современный учитель, который занимается обучением школьников именно физике, а не изложением на уроках сведений из учебника и решением типовых задач.

Формирование такого учителя требует в очередной раз коренной перестройки учебного процесса педагогических вузов и курсов повышения квалификации. Для этого нужны специалисты, способные в процессе научных исследований создавать новые учебные эксперименты, компьютерные программы и методики обучения. Мы уверены, что такие специалисты постепенно возникнут, если научная новизна в диссертациях по специальностям, связанным с теорией и методикой обучения физике, в качестве обязательного компонента будет включать новые элементы учебной физики, возможность и целесообразность использования которых в учебно-воспитательном процессе обоснована прямым педагогическим экспериментом или повседневной практикой учебных заведений.

## Список литературы

1. *Борн М.* Физика в жизни моего поколения. — М.: ИЛ, 1963.
2. *Бугаев А. И.* Методика преподавания физики в средней школе: Теоретические основы. — М.: Просвещение, 1981. — 288 с.
3. *Бутиков Е. И., Кондратьев А. С.* Физика: Учеб. пособие: В 3 кн. Кн. 2. Электродинамика. Оптика. — М.: Физматлит, 2004. — 336 с.
4. *Вавилов С. И.* Собр. соч. Т. III. — М.: Изд-во АН СССР, 1956.
5. *Вараксина Е. И., Майер В. В.* Натурный физический эксперимент с компьютерной моделью // Информатика и образование. — 2009. — № 2. — С. 124–126.
6. *Вараксина Е. И., Рудин А. С.* Формирование умений компьютерного исследования механических колебаний: учебное пособие. — Глазов: ГГПИ, ООО «Глазовская типография», 2012. — 64 с.
7. *Варламов С. Д., Зильберман А. Р., Зинковский В. И.* Экспериментальные задачи на уроках физики и физических олимпиадах. — М.: МЦНМО, 2009. — 184 с.
8. *Голин Г. М., Филонович С. Р.* Классики физической науки (с древнейших времен до начала XX в.): Справ. пособие. — М.: Высш. шк., 1989. — 576 с.
9. *Грачев А. В., Погожев В. А., Селиверстов А. В.* Физика: 7 класс: учебник для учащихся общеобразовательных учреждений. — М.: Вентана-Граф, 2011. — 288 с.
10. *Грачев А. В., Погожев В. А.* Новая линия учебников для средней школы // Физика-ПС. — 2007. — № 12. — С. 28–30.
11. *Грачев А. В., Погожев В. А., Селиверстов А. В.* Физика: программы: 7–9 классы, 10–11 классы. — М.: Вентана-Граф, 2011. — 32 с.
12. *Де Бройль Л.* По тропам науки. — М.: ИЛ, 1962.
13. *Демидова М. Ю., Никифоров Г. Г.* Проверка экспериментальных умений в рамках государственного экзамена по физике. ФИПИ. Сборник статей / под ред. А. Г. Ершова, Г. С. Ковалевой. — М.: Эксмо, 2007.
14. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. Т.2. Электричество. Оптика. Физика атома. Пособие для учителей. Под ред. А. А. Покровского. — М.: Просвещение, 1972. — 448 с.
15. *Денищева Л. О., Ковалева Г. С.* Сравнительная оценка естественно-математической подготовки выпускников средних школ России (по результатам международного исследования — TIMSS 1995) / Российская академия образования. — М., 1998.
16. *Капица П. Л.* Эксперимент. Теория. Практика. — М.: Наука, 1977. — 352 с.
17. *Коханов К. А., Сауров Ю. А.* Методология функционирования и развития школьного физического образования: монография. — Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2012. — 326 с.
18. *Коханов К. А., Сауров Ю. А.* Проблема задания и формирования современной культуры физического мышления: Монография. — Киров: Изд-во ЦДООШ; Типография «Старая Вятка», 2013. — 232 с.

19. *Мандельштам Л. И.* Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике / Под ред. С. М. Рытова. — М.: Наука, 1972. — 437 с.
20. *Льоцци М.* История физики. — М.: Мир, 1970. — 464 с.
21. *Майер В. В.* Простые опыты с ультразвуком. — М.: Наука, 1978. — 160 с.
22. *Майер В. В.* Простые опыты по криволинейному распространению света. — М.: Наука, 1984. — 128 с.
23. *Майер В. В.* Простые опыты со струями и звуком. — М.: Наука, 1985. — 128 с.
24. *Майер В. В.* Полное отражение света в простых опытах. — М.: Наука, 1986. — 128 с.
25. *Майер В. В.* Кумулятивный эффект в простых опытах. — М.: Наука, 1989. — 192 с.
26. *Майер В. В., Колупаев В. Ф., Мамаева Е. С.* Учебный эксперимент с ультразвуковыми импульсами: Учебное пособие к спецкурсу. — Пермь: ПГПИ, 1984. — 68 с.
27. *Майер В. В.* Полное внутреннее отражение света: учебные исследования. — М.: Физматлит, 2007. — 160 с.
28. *Майер В. В.* Свет в оптически неоднородной среде: учебные исследования. — М.: Физматлит, 2007. — 232 с.
29. *Майер В. В., Майер Р. В.* Электричество: учебные исследования. — М.: Физматлит, 2007. — 232 с.
30. *Майер В. В., Вараксина Е. И.* Звук и ультразвук в учебных исследованиях. — Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. — 336 с.
31. *Майер В. В., Вараксина Е. И.* Закон Ома и термоэлектрический магнит // Потенциал. — 2008. — № 4. — С. 75–80.
32. *Майер В. В., Вараксина Е. И.* Воздушные шары в школе и дома // Потенциал. — 2009. — № 9. — С. 73–80.
33. *Майер В. В., Вараксина Е. И.* Униполярный электродвигатель и фундаментальные законы физики // Потенциал. — 2010. — № 5. — С. 67–73.
34. *Майер В. В., Вараксина Е. И.* Униполярные электродвигатели Фарадея и Барлоу // Потенциал. — 2010. — № 3. — С. 62–68.
35. *Майер В. В., Вараксина Е. И.* Учебные униполярные электродвигатели // Физика–ПС. — 2009. — № 15. — С. 6–8.
36. *Майер В. В.* Лифт Эйнштейна в лекционной демонстрации // Учебная физика. — 2009. — № 4. — С. 17–21.
37. *Майер В. В., Вараксина Е. И.* Закон Кулона в учебном эксперименте // Потенциал. — 2010. — № 1. — С. 68–74.
38. *Майер В. В., Вараксина Е. И.* Как Георг Ом открыл закон Ома // Потенциал. — 2008. — № 2. — С. 73–80.
39. *Майер В. В., Вараксина Е. И.* Относительность электрического и магнитного полей // Потенциал. — 2010. — № 9. — С. 72–80.
40. *Майер В. В., Вараксина Е. И.* Опыты для урока физики по интерференции механических волн // Потенциал. — 2011. — № 3. — С. 73–80.

41. Майер В. В., Касаткин К. А. Визуализация магнитного поля с помощью магнитной стрелки // Учебная физика. — 2004. — № 3. — С. 8–12.
42. Майер В. В. Колебания маятников: физические задачи. 11 класс // Физика–ПС. — 2012. — № 6. — С. 41–44.
43. Майер В. В., Касимов И. Т., Кондратьев А. С. Исследование термоэлектрического магнита // Физика–ПС. — 2008. — № 10. — С. 37–38.
44. Майер В. В., Вараксина Е. И. Капля на несмачиваемой поверхности // Учебная физика. — 2011. — № 4. — С. 3–9.
45. Майер В. В., Вараксина Е. И. Формирование понятия высокого напряжения // Учебная физика. — 2011. — № 2. — С. 3–13.
46. Майер В. В., Вараксина Е. И. Звуковые волны // Физика–ПС. — 2008. — № 20. — С. 28–31.
47. Майер В. В., Майер Р. В. Демонстрации при изучении автоколебаний // Учебный эксперимент по колебательным и волновым процессам. Выпуск 8. — М.: Школа–Пресс, 1996. — С. 39–52.
48. Майер В. В., Вараксина Е. И. Современные модели униполярных электродвигателей // Потенциал. — 2010. — № 4. — С. 73–78.
49. Майер В. В., Мамаева Е. С., Колупаев В. Ф. Учебные исследования по кинематике // Учебная физика. — 2010. — № 2. — С. 8–28.
50. Майер В. В., Вараксина Е. И., Наговицына Е. А. Компьютерная программа для исследования прямолинейного движения // Учебная физика. — 2013. — № 1. — С. 43–55.
51. Майер В. В., Мамаева Е. С. Опыты с порошковыми фигурами // Квант. — 1976. — № 8. — С. 30–34.
52. Майер В. В., Кудрявцева Е. А. Способ получения порошковых фигур // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 19. — М.: ИСМО РАО, 2004. — С. 47–49.
53. Майер В. В., Колупаев В. Ф. Дидактические основы учебного эксперимента для демонстрации относительности движения // Физическое образование в вузах. — 2011. — Т. 17. — № 3. — С. 77–81.
54. Майер В. В., Рудин А. С. Визуальное сравнение математической и физической моделей // Информатика и образование. — 2008. — № 10. — С. 93–96.
55. Малькова З. А. Современная школа США. — М.: Педагогика, 1971.
56. Махмутов М. И. Современный урок: Вопросы теории. — М.: Педагогика, 1981. — 192 с.
57. Никифоров Г. Г. Готовимся к ЕГЭ: экспериментальные задания. — М.: Школьная пресса, 2004.
58. Никифоров Г. Г. Рекомендации по оснащению кабинета физики // Физика в школе. — 2010. — № 4. — С. 3–20.
59. Ньютон И. Математические начала натуральной философии, перевод с латинского и комментарии А. Н. Крылова. — М.: Наука, 1989.

60. *Перминов К.Л.* Вариант электростатического маятника // Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения: Программа и материалы пятнадцатой Всероссийской научно-практической конференции. — Глазов: ГГПИ, 2010. — С. 43–44.
61. *Пинский А.А., Разумовский В.Г.* Метод модельных гипотез как метод познания и объект изучения // Физика в школе. — 1997. — № 2. — С. 30–36.
62. *Планк М.* Единство физической картины мира. — М.: Наука, 1966.
63. Психология: Словарь / Под общ. ред. А.В.Петровского, М.Г.Ярошевского. — М., 1990.
64. *Пуанкаре А.* Избранные труды. Т.3. — М.: Наука, 1972–1974.
65. *Разумовский В.Г.* Государственный стандарт образования супердержавы мира к 2000 году // Педагогика. — 1993. — № 3. — С. 101–110.
66. *Разумовский В.Г.* Государственный стандарт США по физике для общеобразовательной школы // Физика в школе. — 1996. — № 3. — С. 26–33.
67. *Разумовский В.Г.* Инновации в преподавании физики в школах за рубежом // Ответственный редактор А.А.Никитин. Научное издание / Новосибирск: РИЦ НГУ, 2005. — 185 с.
68. *Разумовский В.Г.* Метод модельных гипотез как метод познания в науке и школе // Наука и школа. — 1997. — № 4. — С. 2–7.
69. *Разумовский В.Г.* Научный метод познания и личностная ориентация образования // Педагогика. — 2004. — № 6. — С. 3–10.
70. *Разумовский В.Г.* Научный метод познания и его образовательный потенциал // Педагогика. — 2011. — № 2. — С.15–25.
71. *Разумовский В.Г., Майер В.В.* Проблемы ФГОС и научной грамотности школьников или новый стандарт образования в действии: обучение и воспитание творчески мыслящей личности на уроках физики // Физика в школе. — 2012. — № 5. — С. 3–10.
72. *Разумовский В.Г.* Естественнонаучное образование и конкурентоспособность // Педагогика. — 2013. — № 7. — С. 15–30.
73. *Разумовский В.Г.* Методологический аспект физики в историческом развитии как важный источник формирования содержания школьного образования // Физика в школе. — 2011. — № 7. — С. 14–22.
74. *Разумовский В.Г.* Проблема научной грамотности и школьный учебник физики // Физика–ПС. — 2010. — № 16. — С. 7–11.
75. *Разумовский В.Г.* Методология науки как источник совершенствования содержания образования в соответствии с требованиями ФГОС // Физика в школе. — 2014. — № 3. — С. 18–28.
76. *Разумовский В.Г., Майер В.В., Вараксина Е.И.* ФГОС в действии: исследования учащихся как средство овладения методами научного познания явлений природы и техники // Физика в школе. — 2013. — № 3. — С. 13–27.
77. *Разумовский В.Г.* Обучение и научное познание // Педагогика. — 1997. — № 1. — С. 7–13.



78. *Разумовский В.Г.* Обучение и научное познание: проблемы содержания образования и методов обучения / В книге «Проблемы конструирования содержания учебно-методического комплекта по физике», МПУ, Москва, 1997. — С. 46–52.
79. *Разумовский В.Г.* Объект особо важных инвестиций // Наука и жизнь. — 1990. — № 3. — С. 2–10.
80. *Разумовский В.Г.* Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике. Пособие для учителей. — М.: Просвещение, 1975. — 272 с.
81. *Разумовский В.Г.* Развитие технического творчества учащихся. — М.: Учпедгиз, 1961.
82. *Разумовский В.Г.* Творческие задачи по физике в средней школе. — М.: Просвещение, 1966. — 156 с.
83. *Разумовский В.Г.* Физика в средней школе США. Основные направления в изменении содержания и методов обучения. — М.: Педагогика, 1973.
84. *Разумовский В.Г., Майер В.В.* Физика в школе. Научный метод познания и обучение. — М.: Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2004. — 463 с.
85. *Разумовский В.Г., Моисеев Ю.О.* Конструирование как учебная деятельность при обучении физике / В книге «Проблемы конструирования содержания учебно-методического комплекта по физике», МПУ, Москва, 1997. — С. 59–63.
86. *Разумовский В.Г., Орлов В.А.* Основная школа: проблемы обучения и создание учебника нового поколения // Физика в школе. — 2004. — № 5. — С. 28–35.
87. *Разумовский В.Г., Орлов В.А.* Физика в самостоятельных исследованиях // Физика-ПС. — 2005. — № 14. — С. 5–12.
88. *Разумовский В.Г., Орлов В.А., Дик Ю.И., Никифоров Г.Г., Шилов В.Ф.* Физика: Учеб. для уч-ся 7 кл. общеобразоват. учреждений / Под ред. В.Г.Разумовского, В.А.Орлова. — М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2002. — 208 с.
89. *Разумовский В.Г., Орлов В.А., Дик Ю.И., Никифоров Г.Г., Шилов В.Ф.* Физика: Учеб. для уч-ся 8 кл. общеобразоват. учреждений / Под ред. В.Г.Разумовского, В.А.Орлова. — М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. — 320 с.
90. *Разумовский В.Г., Орлов В.А., Дик Ю.И., Никифоров Г.Г., Шилов В.Ф.* Физика: Учеб. для уч-ся 9 кл. общеобразоват. учреждений / Под ред. В.Г.Разумовского, В.А.Орлова. — М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2004. — 304 с.
91. *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.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2009. — 261 с.
92. *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.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2009. — 272 с.
93. *Разумовский В. Г., Орлов В. А., Никифоров Г. Г., Майер В. В., Сауров Ю. А.* Физика: учеб. для уч-ся 11 кл. общеобразов. учреждений в двух частях. Часть 1 / Под ред. В. Г. Разумовского, В. А. Орлова. — М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2011. — 255 с.
94. *Разумовский В. Г., Орлов В. А., Никифоров Г. Г., Майер В. В., Сауров Ю. А.* Физика: учеб. для уч-ся 11 кл. общеобразов. учреждений в двух частях. Часть 2 / Под ред. В. Г. Разумовского, В. А. Орлова. — М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2011. — 359 с.
95. *Разумовский В. Г., Орлов В. А., Майер В. В., Сауров Ю. А.* Стратегическое проектирование развития физического образования: монография. — Киров: ООО Типография «Старая Вятка», 2012. — 180 с.
96. *Разумовский В. Г., Орлов В. А., Сауров Ю. А., Майер В. В.* Технология развития способностей школьников самостоятельно учиться, мыслить и действовать // Физика в школе. — 2007. — № 6. — С. 50–55.
97. *Сауров Ю. А.* Основы методологии методики обучения физике: Монография. — Киров: Изд-во Кировского ИУУ, 2003. — 198 с.
98. *Сауров Ю. А.* Принцип цикличности в методике обучения физике: Историко-методологический анализ. — Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2008. — 224 с.
99. *Смолянинова О. Г.* Использование метода электронного портфолио в практике зарубежных вузов // Информатика и образование. — 2008. — № 11. — С. 99–110.
100. *Фабрикант В. А.* Физика, оптика, квантовая электроника: Избранные статьи. — М., 2000.
101. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования. <http://standart.edu.ru/catalog.aspx?CatalogId=6408> (дата обращения: 22.07.2014).
102. Физика (Перевод с английского под редакцией А. С. Ахматова). — М.: Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1965.
103. Физика. Физический энциклопедический словарь. — М.: Советская энциклопедия, 1983. — С. 812.
104. Физика. 7 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений / А. В. Перышкин. — 2-е изд., стереотип. — М.: Дрофа, 2013. — 221 с.
105. Физика. 7 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений / А. А. Пинский, В. Г. Разумовский, Ю. И. Дик и др.; под ред. А. А. Пинского, В. Г. Разумовского; Рос. акад. наук, Рос. акад. образования, изд-во «Просвещение». — 12-е изд. — М.: Просвещение, 2011. — 208 с. (Академический школьный учебник).
106. Фронтальные лабораторные занятия по физике в 7–11 классах общеобразовательных учреждений: Кн. для учителя / В. А. Буров, Ю. И. Дик, Б. С. Зворыкин и др.; Под ред. В. А. Бурова, Г. Г. Никифорова. — М.: Просвещение, 1996. — 368 с.
107. *Храмов Ю. А.* Физики: биографический справочник. — М.: Наука, 1983. — 400 с.

108. Шахмаев Н. М., Павлов Н. И. Физический эксперимент в средней школе. В 2 ч. Ч.1: пособие для учителя. — М.: Мнемозина, 2010. — 224 с.
109. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. В 4 т. Т. 4. — М.: Наука, 1967. — 600 с.
110. Элементарный учебник физики / Под ред. Г.С.Ландсберга. Том 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика. — М.: Наука, 1971. — 656 с.
111. A Nation At Risk: The Imperative For Educational Reform. The National Commission on Excellence in Education. U.S. Department of Education Washington, D.C. 20208.
112. Art Hobson 2008 The Surprising Effectiveness of College Scientific Literacy Courses *Phys. Teach.* **46** 404.
113. Fletcher G. Watson 1967 Why Do We Need More Physics Courses? *Phys. Teach.* **5** 212.
114. Floyd L. Ruch. Psychology and life. Chicago, Atlanta, Dallas, Palo Alto, Fair Lawn, N.J., 1958.
115. Gay B. Stewart 2000 Measuring Earth's magnetic field simply *Phys. Teach.* **38** 113.
116. James Madison High School. A Curriculum For American Students. William J. Bennett, Secretary. United States Department of Education December 1987.
117. John J Sparkes 1993 The nature of engineering and the physics it needs *Phys. Educ.* **28**. Printed in the UK.
118. Learning Science. The International Assessment of Educational Progress. IaeP, Educational Testing Service. February 1992.
119. National Goals for Education, U.S. Department of Education Washington, D.C. July 1990.
120. National Science Education Standards. National Academy Press, 2101 Constitution Avenue, NW, Box 285, Washington, DC 20055. Copyright 1996 by the National Academy of Sciences.
121. OECD (2010), PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do — Student Performance in Reading, Mathematics and Science (Volume I) <http://dx.doi.org/10.1787/9789264091450-en>.
122. SCIENCE for ages 5 to 16. Proposals of the Secretary of State for Education and Science and the Secretary of State for Wales. Department of Education and Science and the Welsh Office. August 1988.
123. Scientific meth'od, Webster's Encyclopedic Un-abridget Dictionary of the English Language, 1994, c 1279.
124. Scientific Creativity: Its Recognition and Development edited by Calvin W. Taylor and Frank Barron John Wiley & Sons, Inc., New Yurk—London. 1963
125. Norihiro Sugimoto and Hideo Kawada 2006 The Homopolar Motor and Its Evolution *Phys. Teach.* **44** 313.
126. Ira M. Freeman 1970 LETTERS TO THE EDITOR: Physics Authors Are People *Phys. Teach.* **8** 109.
127. TIMSS 1999. IEA, 2000, (c. 255).

В. Г. Разумовский, В. В. Майер, Е. И. Вараксина

*Монография*

## **ФГОС и изучение физики в школе**

О научной грамотности и развитии  
познавательной и творческой активности школьников

Подписано в печать 02.10.2014. Формат 60 × 90 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Бумага офсетная. Печать офсетная  
Усл.-печ. л. 13. Тираж 150 экз. Заказ № 4059

Издательство «Нестор-История»  
197110 СПб., Петрозаводская ул., д. 7  
Тел. (812)235-15-86  
e-mail: nestor\_historia@list.ru; www.nestorbook.ru

Отпечатано с готового оригинал-макета  
в типографии издательства «Нестор-История»  
197110 СПб., ул. Петрозаводская, д. 7  
Тел. (812)622-01-23