

Федеральный государственный образовательный стандарт
Образовательная система «Школа 2100»

С.М. Андриюшечкин

УРОКИ ФИЗИКИ

в 10–11 классах

Базовый уровень

Методические рекомендации для учителя

Москва

БАХАСС

2016

УДК 372.016:53
ББК 22.3я721
А65

Федеральный государственный образовательный стандарт
Образовательная система «Школа 2100»



Руководитель издательской программы –
член-корр. РАО, доктор пед. наук, проф. *Р.Н. Бунеев*

Андрюшечкин, С. М.
А65 **Уроки физики в 10–11 классах.** Базовый уровень. Методические рекомендации для учителя / С.М. Андрюшечкин. – М. : Баласс, 2016. – 128 с. : ил. (Образовательная система «Школа 2100»).

ISBN 978-5-906567-67-3

В пособии изложена методика преподавания физики на основе деятельностного подхода, где в качестве одного из основных методов использовано проблемное обучение. Главная задача такого подхода – организация обучения, ориентированного на развитие ученика.

В пособие включены программа по физике (10–11 классы) и примерное тематическое планирование с указанием основных видов учебной деятельности, а также методические комментарии к разделам учебников.

Учебники «Физика» (автор С.М. Андрюшечкин) для 10-го и 11-го классов (базовый уровень) соответствуют Федеральному государственному образовательному стандарту среднего общего образования, являются продолжением непрерывного курса физики и составной частью комплекта учебников развивающей Образовательной системы «Школа 2100».

УДК 372.016:53
ББК 22.3я721

Данное пособие в целом и никакая его часть не могут быть скопированы
без разрешения владельца авторских прав

ISBN 978-5-906567-67-3

© Андрюшечкин С. М., 2016
© ООО «Баласс», 2016

ВВЕДЕНИЕ

Всё больше и больше учителей современной школы в качестве своего педагогического кредо выбирают обучение, ориентированное на развитие личности учащегося. Таковы и требования Федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования, в основе которого лежит системно-деятельностный подход, обеспечивающий формирование готовности к саморазвитию и непрерывному образованию, активную познавательную деятельность обучающихся. Педагогическая теория и практика свидетельствуют, что достижение заявленной цели возможно только в рамках определённой **системы развивающего обучения**. Первый и в настоящее время единственный современный опыт создания подобной системы, охватывающей все ступени школы, реализован в рамках Образовательной системы «Школа 2100». В соответствии с Образовательной программой «Школа 2100»¹ каждый школьный предмет, в том числе и физика, своими целями, задачами и содержанием образования должен способствовать формированию **функционально грамотной личности**, т.е. личности, которая способна использовать уже имеющиеся у неё знания, умения и навыки для решения максимально широкого диапазона жизненных задач в различных сферах человеческой деятельности, общения и социальных отношений и которая способна осваивать новые знания на протяжении всей жизни. По результатам комплексной экспертизы Президиум РАО определил Образовательную систему «Школа 2100» как «лично ориентированную, развивающую образовательную систему нового поколения».

Изучение курса физики на базовом уровне в 10-м и 11-м классах в Образовательной системе «Школа 2100» организовано на основе учебно-методического комплекса (УМК), в который входят:

1. Программа «Физика», 10–11 классы (базовый уровень).
2. Методические рекомендации для учителя.
3. Учебники «Физика» для 10-го и 11-го классов базового уровня.
4. Электронная форма учебников (ЭФУ).
5. Сборник самостоятельных работ².

При написании программы учтено, что её содержание должно соответствовать **требованиям Федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования**³. Уровень предъявления учебного материала, планируемый программой, соответствует бюджету времени, отводимому на его усвоение стандартом образования, возрастным особенностям учащихся, их математической подготовке и познавательным возможностям. Содержание и структура программы позволяет реализовать следующие основные линии развития учащихся:

- формирование мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, и физического мышления;
- диалектический метод познания природы;

¹ Образовательная система «Школа 2100». Педагогика здравого смысла. – М.: «Издательский дом РАО», «Баласс», 2003. – С. 72–141.

² Андрюшечкин С.М., Слухаевский А.С. Физика. 10–11 классы. «Конструктор» самостоятельных и контрольных работ: пособие для учителей. – М.: Просвещение, 2010. – 191 с.

³ Более подробно см. непосредственно саму программу.

- проектирование и проведение наблюдения природных явлений с использованием необходимых измерительных приборов;
- развитие интеллектуальных и творческих способностей;
- применение полученных знаний и умений для решения практических задач повседневной жизни.

Построение логически связного курса опиралось на следующие идеи и подходы:

- выделение ядра новых теоретических знаний и их усвоение в процессе активной познавательной деятельности учащихся;
 - генерализация учебного материала на основе ведущих идей, принципов физики;
 - усиление практической направленности и политехнизма курса.
- В качестве ведущей методики при реализации данной программы рекомендуется использование проблемного обучения.

Методические рекомендации для учителя «Уроки физики в 10–11 классах» базового уровня знакомят учителя с основами теории проблемного обучения. Анализируются особенности проблемного обучения и предлагаются возможные методические варианты решения задач проблемного обучения применительно к конкретным учебным темам, урокам; рассматривается методика отдельных аспектов работы учителя.

Учебники конструировались как ядро учебно-методического комплекса, как главное и ведущее, но не единственное и универсальное средство обучения. Они были подготовлены с учётом следующих принципов:

- изложение учебного материала полностью соответствует программе курса и разработанному на основе программы учебно-тематическому планированию;
- использован общий для учебников Образовательной системы «Школа 2100» принцип минимакса. В соответствии с этим принципом в учебниках приведена дополнительная информация, которая может быть усвоена учениками, и задания, которые они при желании могут выполнить (максимум). В то же время основные важнейшие понятия (минимум) должны быть освоены всеми учениками;
- в учебниках значительно увеличена доля текста с проблемным изложением материала;
- учебники снабжены системой заданий, которые позволяют организовать процесс усвоения учащимися знаний как обобщённых;
- учебники имеют развёрнутый аппарат усвоения учебного материала, что позволяет организовать эффективную работу с материалом учебника;
- в структуре учебников учтено, что они являются не изолированными дидактическими пособиями, а ядром УМК.

Кратко прокомментируем, как данные принципы реализованы в учебниках.

- Дополнительный материал, который не является обязательным для запоминания и усвоения (максимум), выделен в учебниках особым значком. В каждом параграфе основные понятия, которые обязаны усвоить все ученики (минимум), выделены в рамку в конце параграфа (жирным шрифтом). Например, после § 23 «Ток в металлах» учебника «Физика» для 10 класса перечислены следующие понятия: **электронная проводимость металлов**, теоретическое обоснование закона Ома для участка

цепи, зависимость удельного сопротивления металлов от температуры, сверхпроводимость, высокотемпературная сверхпроводимость; после § 24 «Галактики» учебника «Физика» для 11 класса перечислены следующие понятия: **крупномасштабная структура Вселенной; галактики**; типы галактик: неправильные галактики, эллиптические галактики, линзовидные галактики, спиральные галактики; **Галактика – Млечный Путь; строение Галактики; диск, спиральные рукава**, рассеянные и шаровые звёздные скопления; **вращение Галактики**; чёрные дыры, проблема скрытой массы.

Так реализуется определённая двухуровневость учебников, что позволяет любознательному ученику расширить свой физический кругозор, а учителю иметь резерв учебного материала, который он может при необходимости использовать в зависимости от уровня познавательных способностей учащихся конкретного класса.

– Каждый параграф начинается с констатации, какие из уже усвоенных учеником элементов знаний будут ему необходимы при изучении данного параграфа. Изложение материала в параграфе прерывается вопросами, актуализирующими внимание учащихся и побуждающими их к размышлению. В ряде параграфов сформулированы проблемы. Например, при рассмотрении явления термоэлектронной эмиссии демонстрируется опыт, результаты которого становятся основой для создания проблемной ситуации; изучение цепи переменного тока сопровождается демонстрацией зависимости ёмкостного и индуктивного сопротивления от частоты тока и постановки соответствующей проблемы.

Учебники содержат значительную долю заданий проблемного характера, в том числе и экспериментальных. В.Г. Разумовский, В.В. Майер, излагая концепцию современного учебника физики, подчёркивают, что «содержание учебника и методика подачи учебного материала предполагают перемещение центра тяжести с заучивания и запоминания материала на применение опыта деятельности в сфере физики как науки и в сфере её практического применения»¹. Автор учебников, будучи солидарен с цитированной точкой зрения и стремясь уйти от «мелового» изучения физики, включил в учебники описание значительного числа фронтальных экспериментов и лабораторных работ (так программой запланировано выполнение 16 лабораторных работ в десятом классе и 9 работ – в 11-м классе). Лабораторная работа представляет набор небольших экспериментальных заданий, не снабжённых подробными инструкциями по их выполнению. Задания расположены, как правило, в порядке возрастания сложности и трудности их выполнения. Обычно первые по порядку задания могут быть и не творческого характера и служат для приобретения или закрепления знаний и экспериментальных умений учащихся, а далее «степень проблемности» заданий нарастает.

В тексте учебников широко цитируются оригинальные работы классиков науки (Ньютона, Юнга, Френеля, Максвелла, Эйнштейна, Резерфорда и др.). Одновременно (сочетание «классики» и «модерна») описываются, например, устройство системы сотовой связи; современный опыт по экспериментальному подтверждению второго постулата специальной теории относительности; приводится фотография дифракционной картины, получающейся при отражении медленных электро-

¹ Разумовский, В.Г. Физика в школе. Научный метод познания и обучение [Текст] / В.Г. Разумовский, В.В. Майер. – М. : Гуманитар. издат. центр ВЛАДОС, 2004. – С. 28.

нов от чистой поверхности монокристалла вольфрама (журнал «Физика твёрдого тела»), рассказывается об устройстве детектора ATLAS коллайдера.

– В учебники включены задания на применение обобщённых планов построения ответов, задания на сравнение, классификацию. «Обладать обобщёнными умениями – это значит владеть такими способами выполнения деятельности, которые, будучи сформированными в процессе изучения каких-либо дисциплин, в процессе выполнения одного какого-то вида деятельности, могут затем применяться в процессе изучения других предметов, в выполнении других видов деятельности, в практической работе»¹.

– Имеются дидактические предисловия «Обращение к ученику». У предисловий общая с остальными учебниками Образовательной системы «Школа 2100» структура, и они в очередной раз знакомят учащихся с целями образовательного процесса и с технологией их учебно-познавательной деятельности; напоминают об условных обозначениях, используемых в учебниках (единых для всех учебников Образовательной системы «Школа 2100»). На форзацах учебников размещены обобщённые планы построения ответов о различных структурных элементах знаний и справочные таблицы. Разделы учебников снабжены развёрнутым оглавлением, раскрывающим структуру каждого параграфа. Приведены краткие итоги каждого раздела, а также указания на те вопросы, что остались «за пределами учебников». В учебниках имеются специальные параграфы, посвящённые решению задач. Немаловажен и положительный эмоциональный настрой учеников на познавательную деятельность. «Камертоном» такого настроения в первую очередь являются высказывания известных деятелей науки и искусства, использованные в качестве эпиграфов к параграфам учебников.

– Задания в учебниках (как правило, по пять заданий после каждого параграфа) не повторяют те задания, что составляют содержание вариантов самостоятельных работ сборника «Физика. 10–11 классы. “Конструктор” самостоятельных и контрольных работ».

Электронная форма учебников «Физика» для 10-го и 11-го классов (базовый уровень) представляет собой систематическое изложение учебного предмета в виде точных электронных копий «бумажных» учебников (pdf), которые имеют дополнительные возможности:

- электронную навигацию (оглавление и быстрый текстовый поиск);
- электронный словарь;
- возможность делать заметки и закладки на полях;
- дополнительный материал (тексты, иллюстрации и т.д.);
- электронные задания в текстовой форме для обучения и контроля.

Следует отметить, что **подготовка учителя к уроку при использовании учебников Образовательной системы «Школа 2100» имеет ряд специфических особенностей. Во-первых**, ознакомившись с содержанием очередного параграфа учебника, учитель должен, используя программу, *выделить* в содержании учебника то, что составляет *обязательный программный минимум*. Полезно ознакомиться с содержанием самостоятельных работ, которые будут предложены по данной теме ученикам, чтобы дополнительно обратить внимание на то, какие знания,

¹ Усова, А.В., Беликов, В.А. Учись самостоятельно учиться. Учебное пособие для учащихся школы [Текст] / А.В. Усова, В.А. Беликов – Челябинск–Магнитогорск: Издательство ЧГПУ «Факел», 1997. – С. 9.

умения и навыки учащихся по данной учебной теме планируется проверить. Весь остальной учебный материал, не вошедший в выделенный учителем программный минимум, ученику не обязательно знать, а учителю не обязательно включать его в урок. Во-вторых, необходимо наметить этапы урока, продумать проблемную ситуацию, если её планируется использовать на уроке, и сценарий возможного проблемного диалога с учениками. В-третьих, учитель выделяет материал из максимума, который он планирует использовать на уроке при наличии времени (резерв).

Учитывая важность усвоения учебного материала учащимися на базовом уровне, в УМК введён сборник самостоятельных работ. Сборник содержит 75 тематических заданий, в каждом из которых три многовариантные задачи. Перечислим темы тех заданий, которые, по нашему мнению, могут быть использованы в первую очередь:

1. Моль. Число Авогадро. Концентрация и плотность.
2. Давление идеального газа.
3. Температура. Скорость молекул.
4. Уравнение Клапейрона.
5. Внутренняя энергия. Работа в термодинамике.
6. Первый закон термодинамики.
7. Тепловые двигатели.
8. Напряжённость электрического поля.
9. Потенциал. Напряжение.
10. Электроёмкость. Энергия электрического поля.
11. Сила тока. Закон Ома для участка цепи.
12. Сопротивление проводника. Удельное сопротивление.
13. ЭДС. Закон Ома для замкнутой цепи.
14. Сила Лоренца. Сила Ампера.
15. Магнитный поток. Электромагнитная индукция.
16. Индуктивность. ЭДС самоиндукции. Энергия магнитного поля.
17. Колебательный контур.
18. Переменный ток.
19. Механические волны.
20. Электромагнитные волны.
21. Линзы.
22. Световые волны. Явление интерференции света.
23. Явление дифракции света
24. Элементы специальной (частной) теории относительности.
25. Кванты
26. Состав атомного ядра. Энергия связи.
27. Явление радиоактивности
28. Ядерные реакции. Энергетический выход ядерных реакций

Условие задач, предлагаемых в тематических заданиях, состоит из двух частей: первая – общий для всех вариантов текст задачи «в общем виде», без указания численных значений физических величин и неизвестной величины; вторая – для каждого варианта указываются конкретные численные значения физических величин и неизвестная величина, которую необходимо определить. Таким образом конструируются 12 вариантов задачи. Тематические задания снабжены краткими указаниями – что необходимо знать и уметь для решения данной задачи. Избыточное число тематических заданий в сборнике позволяет учителю самому определиться, какие из заданий будут им

использованы при работе в классе или предложены учащимся в качестве домашней работы. При этом многовариантность задач даёт возможность учителю организовать такую работу наиболее эффективным образом, составляя для учеников индивидуальные варианты. Это развивает самостоятельность учащихся и повышает объективность отметки, выставяемой учителем¹.

В основе данного учебно-методического комплекса лежит одна из возможных систем проблемного обучения при изучении базового курса физики в 10-м и 11-м классах. Автор осознаёт, что создание учителем дидактического комплекса по предмету – дело сугубо индивидуальное и творческое. Оно требует значительных затрат энергии и времени, учёта условий для его реализации в рамках конкретного школьного кабинета физики. И, памятуя слова выдающегося физика XX века П.Л. Капицы о том, что никакой опыт нельзя внедрить, его можно только освоить, выразим надежду, что предлагаемый УМК будет полезен учителю при разработке им собственной системы проблемного обучения, ориентированной на развитие творческих способностей учащихся.

Возможные предложения и замечания вы можете отправить по адресу: asm57@mail.ru

Автор

Благодарности

Директору лицея «ЛОРД» (г. Петропавловск, Северный Казахстан); преподавателю физики Константину Андреевичу Рыбу, чьи профессиональные советы и замечания были всегда полезны автору.

Коллективу Образовательной системы «Школа 2100», чьи идеи и творческие наработки использованы автором.

¹ Задания для самостоятельных работ направлены на усвоение курса физики на базовом уровне. В пособие «Физика. 10–11 классы. “Конструктор” самостоятельных и контрольных работ» входят также и 44 задания для контрольных работ, которые могут быть использованы на углублённом уровне.

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ БАЗОВОГО КУРСА ФИЗИКИ В СТАРШИХ КЛАССАХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УМК ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ

ФГОС, личностно ориентированное образование и проблемное обучение

Если спросить: «Какой должна быть основная цель современного школьного образования? Какие качества необходимы выпускнику школы, чтобы он был успешен в современной жизни?», то ответы и родителей, и педагогов от Владивостока до Калининграда будут звучать на удивление схоже. Они скажут: выпускник школы должен быть личностью, которая обладает умением ставить нравственно допустимые цели и добиваться их; человеком, который умеет общаться, ориентируется в окружающем мире, умеет самостоятельно приобретать и применять знания, получать и преобразовывать информацию, который заботится о своём здоровье и здоровье окружающих.

Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования¹, устанавливая требования к результатам освоения обучающимися основной образовательной программы среднего (полного) общего образования, созвучен этим пожеланиям (хотя и формулирует их более сухим, официальным языком). Стандарт особо выделяет среди этих результатов *личностные* (готовность и способность обучающихся к саморазвитию и личностному самоопределению; сформированность их мотивации к обучению и целенаправленной деятельности); *метапредметные* (освоение обучающимся межпредметных понятий и универсальных учебных действий); *предметные* (формирование научного типа мышления, научных представлений о ключевых теориях, владение научной терминологией).

Следует акцентировать внимание на то, что Стандарт устанавливает новую структуру образовательного результата. Помимо предметных он включает метапредметные и личностные результаты, и именно они (в случае их достижения) позволяют выпускнику школы успешно обучаться и развиваться в дальнейшей жизни. Предметные результаты при этом являются не самоцелью и не приоритетом, но именно различные предметные области являются теми «полигонами», на которых осуществляется развитие личности в процессе решения первоначально учебных, а затем и жизненных задач. Главное в образовательной системе – ученик, его способности, умения, индивидуальность, духовный мир. Материал школьных дисциплин, учебная деятельность – не только и не столько источник знаний и умений ученика; они в такой же мере – основа и средство развития индивида, его превращения в личность.

¹ Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования. Утверждён приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 г. № 413.

Каким же педагогическим технологиям должен отдать предпочтение учитель, чтобы реализовать социальный заказ современного общества? Одна из таких концепций, соответствующая новым условиям и потребностям общества, а также международным тенденциям, – концепция развивающего обучения. Она прогрессивна, потому что личностно ориентирована. Что же такое **личностно ориентированное образование**? «Это система работы учителя и школы в целом, направленная на максимальное раскрытие и выращивание личностных качеств каждого ребёнка. При этом учебный материал выступает уже не как самоцель, а как средство и инструмент, создающие условия для полноценного проявления и развития личностных качеств субъектов образовательного процесса»¹.

Дидактиками сформулированы принципы, следуя которым обучение можно сделать развивающим:

– «учебный процесс должен вызывать личную заинтересованность ученика в усвоении материала и данного вида деятельности;

– при разработке содержания занятий нужно проектировать учебный процесс так, чтобы ученик решал задачи и проблемы, опираясь на зону своего актуального развития, а выполнение работы переводило бы его в зону ближайшего развития;

– в целях эффективного развития учеников важно предусмотреть для каждого из них «ситуацию успеха»;

– ...отметка выставляется не за конечный результат, а за процесс его получения...;

– важно предусмотреть цепочку мер, которые позволяют перевести знания «извне» в знания «вовнутрь»...»².

Организация развивающего обучения требует также усвоения учащимися знаний о законах мыслительной деятельности. Как отмечает И.С. Якиманская, знания об организации мыслительной деятельности фиксируют не столько то, какое содержание должно быть усвоено, сколько то, как это содержание должно быть усвоено, каков путь, метод их получения (происхождения, преобразования). Академик РАО А.В. Усова особо подчёркивает, что «в школе важно не только обеспечение усвоения содержания учебного материала, но и те способы и приёмы, посредством которых обеспечивается это усвоение, использование таких приёмов и способов обучения, которые способствовали бы развитию творческих способностей учащихся»³.

В настоящее время, как свидетельствуют педагогическая наука и педагогический опыт, развитие творческих способностей учащихся, активизация их познавательной деятельности наиболее успешно протекает *при использовании проблемного обучения*. По мнению Р.И. Малафеева, «Проблемное обучение – это система развития учащихся в процессе обучения, в основу которой положено использование учебных проблем в преподавании и привлечение школьников к активному участию в разрешении этих проблем. Под учебной проблемой понимают задачу, вопрос

¹ Бунеев Р.Н. Личностно ориентированное образование [Текст]. Начальная школа плюс До и После. – 2003. – № 2.

² Сиденко А.С. Основы теории развивающего обучения [Текст]. Физика в школе. – 1998. – № 1. – С. 20.

³ Усова А.В. Развитие мышления учащихся в процессе обучения. Учебное пособие [Текст]. – Челябинск, ЧГПУ, 1997. – С. 64.

или задание, решение которых нельзя получить по готовому образцу; в этом случае от ученика требуется проявление самостоятельности и оригинальности в самом подходе к решению этих заданий и задач»¹. При проблемном обучении активизируется учебно-познавательная деятельность ученика, целью которой является не только усвоение результатов научного познания, но и путей их получения. Ещё известный психолог С.Л. Рубинштейн писал: «Мышление обычно начинается с проблемы или вопроса, с противоречия. Этой проблемной ситуацией определяется вовлечение личности в мыслительный процесс»². Проблемная ситуация возникает при осознании учащимся недостаточности имеющихся у него знаний по рассматриваемому вопросу, а сам процесс постановки проблемы является познавательным действием.

Существенно и то, что роль проблемного обучения не ограничивается интеллектуальным развитием учащегося, но оно имеет первостепенное значение и в формировании мировоззрения учащегося, нравственных, эмоциональных сторон его личности. Использование проблемного обучения ведёт к росту творческих способностей учащихся, что, по мнению учёных, изучающих психологию творчества, проявляется в усилении таких признаков творческих способностей, как:

- интеллект, способность к быстрому приобретению знаний;
- стремление к овладению обобщёнными умениями и навыками;
- гибкость мышления, отсутствие стереотипов;
- интуиция;
- интеллектуальное мужество, способность к анализу ситуации, кажущейся парадоксальной;
- независимость;
- способность к сотрудничеству и сотворчеству;
- способность к объективной самооценке, рефлексия.

Педагогическая практика свидетельствует о том, что проблемное обучение эффективно в работе не только с «сильными», но и «слабыми» учащимися. Причём именно для этой группы учащихся особенно необходимо проблемное обучение, в процессе которого они имеют возможность выполнить посильные им творческие задания, оказаться в «ситуации успеха», что способствует развитию их мышления.

В чём же причины высокой эффективности проблемного обучения? «Одна из причин... заключается в большей интеллектуальной активности учащихся..., второе важное условие проблемного обучения ... в том, что при проблемном обучении учащиеся раскрывают усваиваемые закономерности или способы действия как обобщённые, позволяющие их использовать в широком классе условий действия и объединять с их помощью широкий класс явлений»³.

Понятие «обобщённое учебное умение» в своё время было введено в методiku преподавания А.В. Усовой. «Обобщёнными, – указывает А.В. Усова, – называют такие умения и навыки, которые можно использовать при решении широкого круга задач и не только в рамках

¹ Малафеев Р.И. Проблемное обучение физике в средней школе: кн. для учителя, 2-е изд., дораб. [Текст]. – М. : Просвещение, 1993. – С. 3.

² Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии [Текст]. – М. : Учпедгиз, 1946. – С. 289.

³ Матюшкин А.М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении [Текст]. – М. : Педагогика, 1972. – С. 174–175.

одного предмета или предметной области, но и при освоении других учебных дисциплин, а также в практической деятельности». В рамках современного ФГОС это понятие перекликается с УУД (универсальными учебными действиями) и метапредметным результатом, предусмотренным Стандартом.

Известный психолог Н.И. Чуприкова особо подчёркивает: эффективность проблемного обучения обусловлена его согласованностью с законами психического (в частности, умственного) познавательного развития. «Обучение детей в школе есть вид практики. Чтобы быть успешной, оно, как всякая практика, должно соотноситься, отвечать объективным законам природы»¹. По её мнению, «среди всеобщих универсальных принципов или законов развития на первом месте стоит закон развития от всеобщего к частному, от форм однородно-простых, глобальных и целостных к формам разнородно-сложным и внутренне расчленённым. Этот закон включает в себя представление о базисной роли во всех областях развития процессов дифференциации и непрерывно связанных с ними интеграционных процессов»². «В отечественной практике, – особо выделяет Н.И. Чуприкова, – нам удалось найти целый ряд ... общих и ... частных психолого-методических разработок по разным школьным предметам, хорошо отвечающих принципу системной дифференциации... Поэтому можно считать, что теория умственного развития, базирующаяся на общих универсальных законах развития систем, имеет под собой не только веские теоретические и фактические основания, но в определённой мере уже подтверждается практикой обучения»³.

Именно эта причина – соответствие объективно действующим законам психического развития – обуславливает успешное применение проблемного обучения в педагогической практике и делает необходимым анализ условий, позволяющих наиболее эффективно реализовать данную педагогическую концепцию.

Проблемное обучение в 10-м и 11-м классах

Для проведения сравнительного анализа и оценки состояния современной математической и естественнонаучной подготовки учащихся имеется достаточно объективный инструмент – Международное исследование образовательных достижений учащихся. Напомним, что российские школьники – участники Международного исследования – показали результаты ниже средних. Они в большинстве затруднялись «дать собственную оценку представленной информации, сформулировать гипотезу, сделать вывод ... Причин этого немало, причём одна из главных – находящаяся в компетенции учителя – очевидна: недостаточное внимание развитию учеников (их мышления, воображения,

¹ Чуприкова Н.И. Умственное развитие и обучение (Психологические основы развивающего обучения) [Текст]. – М. : АО «Столетие», 1994. – С. 4.

² Чуприкова Н.И. Психология умственного развития : Принцип дифференциации [Текст]. – М. : АО «Столетие», 1997. – С. 15.

³ Чуприкова Н.И. Умственное развитие и обучение (Психологические основы развивающего обучения) [Текст]. – М. : АО «Столетие», 1994. – С. 47.

сообразительности, самостоятельности и т. д.)»¹. Это свидетельствует о том, что личностно ориентированное развивающее обучение не стало ещё повседневной практикой современной школы. «Концептуальная база такого образования строится на личностно-деятельностной основе; принципиальное отличие его от традиционного состоит в том, что учебная информация, задаваемая для усвоения, выступает в качестве средства, а не цели»².

Учёные-дидакты указывают на особое значение физики как учебного предмета. Так, В.Н. Мощанский подчёркивал: «Формирование мировоззрения есть не только (и не столько!) формирование «мировоззренческих знаний», но и усвоение методов мышления, поэтому приучение школьников к использованию в своей деятельности принципов научного мышления есть одна из важнейших сторон процесса формирования научного мировоззрения учащихся»³. Что же включает в себя научное (или более узко – физическое) мышление? «Определений этого понятия несколько, и они разные: мышление – это функция человеческой психики, ступень человеческого познания, обобщённое и опосредованное отражение действительности, способность думать, рассуждать, фантазировать, делать выводы, творить»⁴. По определению психолога Л.Б. Ительсона, мышление – это «внутренняя деятельность психики, посредством которой мозг обнаруживает общие объективные отношения и структуру вещей и использует их для целесообразной регуляции действий»⁵. Таким образом, мышление – психологический процесс, благодаря которому человек отражает предметы и явления действительности и раскрывает связи, существующие между ними. Это предполагает раскрытие и формирование логических категорий мышления (синтез и анализ, сравнения и аналогии, суждения, понятия и др.). Научное физическое мышление базируется на объединении формально-логического и диалектического мышления, творческого мышления и способности к теоретическим обобщениям. Следует согласиться с классическим определением, что «под физическим мышлением понимают умение наблюдать физические явления, расчленять сложные явления на составные части и устанавливать в них определяющие связи и зависимости, находить связи между качественными и количественными сторонами явлений и физическими величинами, предвидеть следствия из теории, применять свои знания»⁶. Физическое мышление, как указывал С.И. Вавилов, вовсе не есть само собой разумеющийся приём, к нему надо привыкать,

¹ Важный недостаток школьного образования [Текст] // Физика в школе. – 2005. – № 4. – С. 3.

² Преподавание физики, развивающее ученика : пособие для учителей и методистов. Книга 1. Подходы, компоненты, уроки, задания [Текст] / Составление и под редакцией Э.А. Браверман. – М. : Ассоциация учителей физики, 2003. – С. 17.

³ Мощанский В.Н. Проблема научного мышления и её педагогический аспект [Текст]. Методологические вопросы формирования мировоззрения и стиля мышления учащихся при обучении физике : межвузовский сборник научных трудов. – Л., 1986. – С. 114.

⁴ Преподавание физики, развивающее ученика : пособие для учителей и методистов. Книга 2. Развитие мышления : общие представления, обучение мыслительным операциям [Текст] / Составление и под редакцией Э.А. Браверман. – М. : Ассоциация учителей физики, 2005. – С. 13.

⁵ Ительсон Л.Б. Лекции по общей психологии [Текст]. – Минск : АСТ, Харвест, 2002. – С. 457.

⁶ Основы методики преподавания физики. – М., 1965. – С. 172.

оно достигается длительным упражнением и обучением, и одна из главных задач преподавания физики – в воспитании этого мышления. Значит, учитель должен определённым образом *организовать* развитие мышления учащихся в процессе обучения физике.

При поиске пути достижения указанной цели следует опираться на известное положение психологии, согласно которому способности не только проявляются, но и создаются, формируются в деятельности. При этом, как показывает педагогический опыт, сама деятельность должна быть организована в рамках проблемного обучения. «При организации процесса проблемного обучения действует принцип поисковой учебно-познавательной деятельности ученика. ... Основное различие между проблемным и традиционным обучением – в двух моментах – по цели и принципам организации педагогического процесса. Цель проблемного типа обучения – не только усвоение результатов научного познания, системы знаний, но и пути их получения, формирование познавательной самостоятельности и развитие творческих способностей ученика»¹.

Успешная реализация проблемного обучения предполагает знание педагогом особенностей и закономерностей мыслительной деятельности – ведь проблемное обучение, активизирующее мышление учащихся, строится с учётом понимания его психологической природы. Общие вопросы теории проблемного обучения, его психологические аспекты и методы проанализированы и рассмотрены учёными. Так, М.И. Махмутов сформулировал шесть основных требований, с учётом которых, по его мнению, учитель может создать наиболее эффективные типы проблемных ситуаций:

- «1. Учебная проблема должна быть связана с изучаемым материалом...
2. Учебная проблема должна отражать противоречивость информации...
3. ... проблема должна давать направление познавательному поиску...
4. Проблемы должны быть посильными...
5. Речевая формулировка должна содержать слова, обозначающие такие известные ученику понятия, в которых содержатся элементы, имеющие связь с известными в самой проблеме.
6. Проблемные вопросы... должны оказывать воздействие на эмоциональное состояние ученика...»².

Р.И. Малафеевым рассмотрен вопрос о принципах отбора центральных проблем, составляющих логическую основу проблемного обучения в физике. Им выявлены основные особенности проблемного обучения при изучении различного по содержанию материала.

Использование проблемного обучения требует и определённой квалификации педагога, и преодоления определённых трудностей – ведь проблемное обучение наиболее эффективно, если оно охватывает все стороны многогранной деятельности учителя и ученика – при изучении нового материала и проведении фронтальных экспериментов, в процессе решения задач и выполнении домашнего задания, при организации внеурочной работы по предмету. Затруднения, возникающие при

¹ Усова А.В. Теория и практика развивающего обучения : курс лекций [Текст]. – М. : Изд-во «Педагогика», 2004. – С. 118.

² Махмутов М.И. Проблемное обучение. Основные вопросы теории. – М. : Педагогика, 1975. – С. 136.

внедрении проблемного обучения в практику преподавания, могут быть преодолены путём создания педагогических систем – дидактических комплексов, которые являлись бы средством реализации технологии проблемного обучения.

Непосредственно в пособии для учителя «Уроки физики» даны примеры реализации проблемного обучения в различных ситуациях: при объяснении нового материала учителем, при выполнении учениками фронтального эксперимента, при решении задач в классе и подготовке домашних заданий, во внеурочной работе по физике; приведены конкретные методические рекомендации по каждому из уроков.

Использование проблемного обучения при объяснении нового материала

Как правило, в этом случае учитель использует или проблемное изложение нового материала, или организует поисковую беседу по изучаемому вопросу. Возможно и сочетание этих форм работы. При проблемном изложении материала учитель имеет возможность показать ученику различные пути решения рассматриваемой проблемы: обучить его логике рассуждений, умению задать вопрос «А почему?», но ввиду относительной сложности материала, его новизны для ученика учитель сам разрешает им же сформулированную проблему. Таким образом может быть организовано, например, изучение понятия необратимости тепловых процессов при рассмотрении второго закона термодинамики в 10-м классе. С учениками анализируется ситуация, связанная с нагреванием серебряной ложки, опущенной в термос с горячей водой. Вычисляется энергия, полученная ложкой при нагревании, и задаётся «провокационный» вопрос: «Может ли в этой ситуации ложка остыть на 20 °С, уменьшив свою энергию на 110 Дж, а горячая вода увеличить энергию на 110 Дж и повысить тем самым свою температуру?» Ведь подобное предположение не вступает в противоречие с первым законом термодинамики – законом сохранения энергии. Аналогичная (по стилю) работа организуется при введении понятия ЭДС и т.д.

Другая, более распространённая форма проблемного обучения, используемая при рассмотрении нового материала, – поисковая беседа. При поисковой беседе ученики привлекаются к решению сформулированной на уроке проблемы благодаря подготовленной учителем системе вопросов. Поисковая беседа организуется тогда, когда ученики обладают определёнными знаниями, позволяющими им принять активное участие в беседе. Образно говоря, ученики, последовательно анализируя подготовленные учителем вопросы, под его руководством «шаг за шагом» совершают подъём «к вершине пирамиды» – разрешению учебной проблемы. И от учителя требуется немалое мастерство организовать беседу таким образом, чтобы совершаемые шаги были посильны и интересны большинству. Здесь, естественно, не может быть каких-либо универсальных рецептов. Но отметим, что при организации учителем поисковой беседы в первую очередь необходимо предоставить возможность высказаться наименее подготовленным ученикам, поощряя даже малейшее их стремление «генерировать идею». Не стоит сразу же самому учителю отмечать заведомо «тупиковые» и неверные предположения и высказывания учеников. Можно в некоторых случаях предлагать ученикам излагать свои соображения письменно, а затем, не оглашая

авторства, знакомить класс с высказанными соображениями. Возможна и организация парной или групповой работы. Обычно поисковая беседа организуется на отдельном этапе изучаемого вопроса и занимает часть урока, при этом эффективность поисковой (эвристической) беседы так высока, что следует находить возможность их систематической организации.

Родственна рассмотренному понятию поисковой беседы технология проблемного диалога. «Проблемно-диалогическое обучение – это тип обучения, обеспечивающий творческое усвоение знаний учащимися посредством специально организованного учителем диалога. ... Различают два вида диалога: побуждающий и подводящий. Побуждающий диалог состоит из отдельных стимулирующих реплик, которые помогают ученику выработать по-настоящему творческий подход к работе. На этапе постановки проблемы этот диалог применяется для того, чтобы ученики осознали противоречие и сформулировали проблему. На этапе поиска решений учитель побуждает учеников выдвинуть и проверить гипотезы, т.е., обеспечивает «открытие» знаний путём проб и ошибок. Подводящий диалог представляет собой систему вопросов и заданий, которая активизирует и, соответственно, развивает логическое мышление учеников. На этапе постановки проблемы учитель пошагово подводит учеников к формулированию темы. На этапе решения он выстраивает логическую цепочку умозаключений, ведущих к новому знанию»¹.

Не весь новый учебный материал может и должен быть изучен с помощью проблемного обучения, хотя бы по причине временных рамок, отведённых на рассмотрение учебного материала. «И только определённая часть знаний и способов деятельности, умело и обоснованно отобранная, становится объектом проблемного обучения. Но эта часть знаний и умений, самостоятельно добываемая и постигаемая учащимися в процессе проблемного обучения, позволяет сформировать особые структуры мышления. С их помощью все другие знания, усвоенные вне методов непосредственно проблемного обучения, перестраиваются, структурируются субъектом ...»².

При изучении учебного материала не в рамках проблемного обучения весьма важно, чтобы изложение велось в соответствии с логикой обобщённых планов построения ответов. Методическая значимость обобщённых планов построения ответов общеизвестна. «Умения, сформированные на основе планов обобщённого характера, – отмечает А.В. Усова, – обладают свойствами широкого переноса: они пригодны для решения класса познавательных задач не только в процессе изучения одного предмета, на уроках которого происходило их формирование, но и при изучении других смежных предметов. Учащиеся, овладевшие обобщёнными познавательными навыками, намного меньше времени (в 1,5–2 раза) затрачивают на выполнение классных и домашних самостоятельных работ, при этом качество этих работ, как правило, оказывается значительно выше по сравнению с работами учащихся, не овладевшими познавательными умениями»³. Планы ответов о явлениях, величинах, опытах, законах, приборах, механизмах и машинах приведены на передних форзацах учебников физики.

¹ Мельникова Е.Л. Что такое проблемный диалог [Текст]. Начальная школа плюс До и После. – 2008. – № 8.

² Лернер И.Я. Проблемное обучение [Текст]. – М. : Знание, 1974. – С. 12.

³ Усова А.В., Завьялов В.В. Воспитание учащихся в процессе обучения физике [Текст]. – М. : Просвещение, 1984. – С. 35, 36.

Проблемное обучение и фронтальный эксперимент

Дидактически ценным является соединение фронтального эксперимента с проблемным обучением. В педагогической практике накоплен достаточный опыт, который с уверенностью позволяет утверждать: лабораторные работы проблемного характера вполне посильны учащимся массовой школы; более того, они необходимы для организации их познавательной деятельности развивающего плана. Сформирована и определённая система таких работ. Основные особенности проведения подобных работ заключаются в следующем:

- лабораторная работа представляет набор небольших экспериментальных заданий. Задания располагают, как правило, в порядке возрастания сложности и трудности их выполнения. Обычно первые по порядку задания могут быть и не творческого характера и служат для приобретения или закрепления знаний и экспериментальных умений учеников;

- использование карточек – «подсказок» с различным уровнем помощи;

- индивидуальные консультации по ходу выполнения работы.

В качестве примера обратимся к лабораторной работе «Определение фокусного расстояния и оптической силы собирающей линзы» из учебника физики для 11-го класса. При выполнении задания 1 ученикам предлагается измерить расстояние от линзы до светящегося предмета (низковольтной лампы на подставке или свечи), расстояние от линзы до экрана, на котором получено чёткое изображение предмета. Используя формулу линзы, ученики проводят расчёт фокусного расстояния и оптической силы линзы, определяют погрешности. В задании 2 предлагается поставить предмет и экран на расстоянии от линзы, равное двойному фокусному расстоянию, и убедиться, что на экране наблюдается чёткое изображение предмета в натуральную величину. Как видно, задания 1 и 2 в полной мере относятся к базовому уровню (минимум). Задание 3 лабораторной работы существенно сложнее (максимум). Предмет и экран располагают друг от друга на расстоянии, большем, чем четыре фокусных расстояния линзы. Перемещая линзу между предметом и экраном, дважды получают на экране чёткое изображение предмета, измеряют соответствующие расстояния и, решив систему уравнений, определяют фокусное расстояние линзы.

При такой организации работы, когда ученику предлагается ряд заданий и он обладает правом выбора некоторых из них, у учителя не возникнет проблемы с выставлением объективной оценки за лабораторную работу – легко учесть объём выполненной работы, степень самостоятельности ученика.

Естественно, успешное применение проблемного обучения при выполнении учениками лабораторных работ возможно, если ученики обладают определёнными знаниями теоретического материала и первоначальными экспериментальными умениями.

Проблемное обучение и решение физических задач

В.Г. Разумовский в классической работе «Творческие задачи по физике в средней школе» так определяет существенные признаки творческой задачи: «Это задача, в которой сформулировано определённое требование, выполнимое на основе знания физических законов, но в

которой отсутствуют какие-либо прямые и косвенные указания на те физические явления, законами которых следует воспользоваться для решения этой задачи»¹. Именно решение творческих задач формирует у учащихся прочные неформальные знания по предмету. Как правило, подобные задачи решаются на уроках, специально выделенных учителем для решения задач; на уроках повторения и закрепления учебного материала. В основном тогда, когда завершается изучение некоторой конкретной темы и учебный материал учениками в определённой мере уже усвоен, они имеют навыки решения логических задач. Говоря о месте использования проблемных задач, Р.И. Малафеев отмечает, что «задачи-проблемы учащиеся могут успешно решать лишь после того, как они достаточно хорошо освоят материал темы и приобретут некоторые навыки в решении задач. После этого наступает этап, когда знания должны стать активными, действенными. Таким образом, творческие задачи используют обычно на завершающем этапе изучения материала темы»². Это позволяет ученикам решать задачи-проблемы самостоятельно либо принять участие в их коллективном решении под руководством учителя.

Первоначально необходимо научить учеников решать тренировочные задачи, постепенно увеличивая в логических задачах творческий компонент. По этой причине в учебниках физики выделены отдельные параграфы, посвящённые решению задач. И главный принцип методики формирования первоначальных навыков решения физических задач можно сформулировать так: «Каждую задачу каждый ученик решает только сам».

Проблемное обучение и домашнее задание

Домашние проблемные задания обязательны в системе проблемного обучения, при этом, в отличие от работы в классе, у учителя больше возможностей учесть индивидуальные особенности учеников. Например, могут проявить себя не только ученики, способные быстро улавливать суть проблемы и выдвигать идеи по её разрешению, но и ученики-«стайеры», по своим личностным особенностям более склонные к неторопливой, продолжительной работе. Домашние проблемные задания дают возможность организовать работу в «команде», когда несколько учеников работают над одной проблемой, и происходит распределение «ролей»: «теоретик», «практик», «организатор» и т. д. Немаловажно, что при выполнении домашних проблемных заданий у ученика появляется возможность поработать с учебной и справочной литературой, получить консультацию. Ведь умение осознать возникшие затруднения и получить совет у специалиста – тоже важно, и этому также необходимо учить. Выдающийся физик XX века П. Л. Капица применительно к научной работе формулировал эту мысль следующим образом: «Умению пользоваться консультацией учёному также необходимо научиться, как и умению работать с литературой. При научной работе советы и беседы с товарищами и руководителем

¹ Разумовский В.Г. Творческие задачи по физике в средней школе [Текст]. – М. : Просвещение, 1966. – С. 10.

² Малафеев Р.И. Проблемное обучение физике в средней школе : кн. для учителя [Текст]. – 2-е изд., дораб. – М. : Просвещение, 1993. – С. 108.

необходимы для успеха работы, и к этому надо приучать с самого начала обучения»¹. Кроме того, только в качестве домашних могут быть предложены задания на изготовление приборов, постановку опытов, требующих длительного наблюдения.

Используя проблемное обучение, учитель должен придерживаться основных принципов организации домашних творческих заданий:

«1) систематичность и рациональная дозированность творческих заданий;

2) учёт индивидуальных особенностей учащихся и дифференцированный подход при предъявлении им творческих заданий;

3) организация работы на высоком (оптимальном) уровне трудности;

4) гармоническое развитие творческих способностей;

5) организация осознанной перспективы в работе учеников, обнаруживших склонности и способности к творческой деятельности в области физики»².

В состав УМК по физике для 7–9 классов входят пособия для ученика – тематические тетради. Тематическая тетрадь позволяет оптимизировать домашнюю работу ученика, способствует реальному осуществлению внутренней дифференциации, помогает учителю организовать проблемное обучение при выполнении домашних заданий. В 10–11 классах включение таких унифицированных тематических тетрадей в УМК вряд ли оправданно. Но преподавателю следует, с учётом познавательных возможностей конкретного класса, разместить, например, на сайте школы, следующую информацию: планирование учебного материала по изучаемому разделу с указанием обязательного (минимум) и дополнительного (максимум) домашнего задания. В качестве дополнительного домашнего задания могут предлагаться как сравнительно простые – подготовить доклад, провести наблюдение, так и задачи-проблемы. Следует привести примерные варианты самостоятельных работ, вопросы тематического зачёта, примеры тестовых заданий, а также темы проектов. Всё это позволит ученику более рационально организовать свою учебную работу.

К некоторым урокам ученикам предлагается составить задачи самостоятельно. Известно, что решение задач играет крайне важную роль в обучении физике. На это указывают в своих работах учёные-дидакты, методисты. Так, академик РАО А. В. Усова отмечает, что задачи «имеют большое значение для конкретизации знаний учащихся, для привития им умения видеть различные конкретные проявления общих законов. Без такой конкретизации знания остаются книжными, не имеющими практической ценности. Решение задач способствует ... развитию логического мышления, сообразительности, инициативы, воли и настойчивости в достижении поставленной цели ... служит незаменимым средством для развития самостоятельности в суждениях»³. В работах Л. М. Фридмана дан логико-психологический анализ школьных учебных задач;

¹ Капица П. Л. Эксперимент. Теория. Практика : Статьи и выступления. 4-е изд., испр. и доп. [Текст]. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – С. 234.

² Малафеев Р. И. Проблемное обучение физике в средней школе : кн. для учителя. 2-е изд., дораб. [Текст]. – М. : Просвещение, 1993. – С. 152.

³ Методика преподавания физики в 7–8 классах средней школы : Пособие для учителя (А. В. Усова, В. П. Орехов, С. Е. Каменецкий и другие) [Текст] / под ред. А. В. Усовой. 4-е изд., перераб. – М. : Просвещение, 1990. – С. 92, 93.

отмечено, что физическую задачу можно рассматривать как словесно-символическое описание реальной или воображаемой ситуации, и говорится, что «для осознания учащимися сущности, структуры и особенностей физических задач, механизмов их решения важное значение имеет составление ими физических задач самостоятельно... Прежде чем предложить учащимся самостоятельно составить... физические задачи, надо проанализировать возможный процесс выполнения этого задания, установить, владеют ли учащиеся всеми теми знаниями, которые они должны иметь для составления задачи...»¹. В.Е. Володарский в своей статье «О классификации учебных задач по физике», до настоящего времени сохранившей актуальность, рассматривает эффективность такого метода развития мышления учащихся, как обучение их составлению физических задач. «Такой приём организации работы позволяет учащимся получить самое полное представление о физической задаче и процессе работы с ней в три последовательных этапа: 1) составление условия, 2) решение, 3) анализ результатов. В существующей практике большей частью ограничиваются вторым из этих этапов и неоправданно мало внимания уделяют третьему и особенно первому. Не предусмотрены задания по составлению физических задач и в школьных сборниках задач»².

Составление задач интересно ученикам, активизирует их знания, будит воображение и фантазию. Ещё больший интерес, по нашему мнению, появится, если ученик, составляя физическую задачу, знает, что она в дальнейшем может быть предложена для решения кому-то ещё, например, одноклассникам. А это требует определённой систематизации таких задач, составления сборника. Для усиления методической эффективности приёма «Составь задачу» при его систематическом использовании можно предложить *организовать составление сборника учебных физических задач силами учащихся*.

Безусловно, содержание сборника задач по физике зависит от его назначения. Если сборник предназначен для самостоятельной работы учащегося, то он должен содержать краткие теоретические сведения, перечень основных формул, примеры решения задач, задачи разного уровня трудности, комбинированные задачи и справочные данные. Если же запланировано составление сборника задач для учеников 10-го или 11-го классов, а не пособия, например, для самообразования, то следует исходить из того, что необходимые теоретические сведения и примеры решения задач ученики могут найти или в учебнике по физике, или получить консультацию у преподавателя. (Если всё вышперечисленное собрать «под одну обложку», то проблемы поиска необходимой информации упростятся до такой степени, что ученик и не научится извлекать эту информацию из учебной литературы.) По этой причине в сборнике предлагается ограничиться только краткими указаниями – какие основные понятия, законы, формулы необходимо знать ученику, прежде чем приступать к решению задач из данного раздела, и привести необходимые табличные данные. Задачи сборника составляются учениками в течение учебного года по мере изучения

¹ Фридман Л.М. О методике обучения решению физических задач [Текст]. Физика в школе. – 1994. – № 6. – С. 27.

² Володарский В.Е. О классификации учебных задач по физике [Текст]. Физика в школе. – 1979. – № 4. – С. 68, 69.

ими курса физики. Составление задач по изучаемой теме при этом является одним из элементов выполняемого учеником домашнего задания. Предложенная учеником задача засчитывается (и оценивается преподавателем), только если вместе с условием задачи предоставляется и её решение. Конечно, большинство из предложенных учениками задач не будут являться оригинальными, но они на собственном творческом опыте убедятся в том, что «составить задачу по физике – это трудная задача, даже более трудная, чем решить её». При этом цель, поставленная при организации подобной работы – развить мышление учащихся, их умение создавать и анализировать физические ситуации, – будет достигнута.

Проиллюстрируем это утверждение примерами задач, составленных учениками.

Задача 1. На рисунке 1 показаны графики зависимости давления двух различных газов от температуры. Газы заключены в одинаковые баллоны неизменного объёма, массы газов в баллонах одинаковы. Какой из графиков (I или II) соответствует газу, имеющему бóльшую молярную массу?

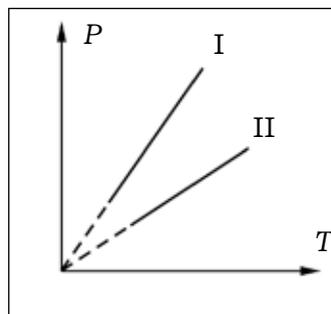


Рис. 1

Задача 2. Один аэростат объёмом 600 м^3 заполнен гелием при давлении 10^5 Па , а второй аэростат объёмом 400 м^3 заполнен гелием при давлении 120 кПа . В каком из аэростатов внутренняя энергия больше и во сколько раз?

Задача 3. Напряжённость электрического поля металлического шара, обладающего зарядом $0,01 \text{ мкКл}$, на его поверхности равна $2,25 \text{ кН/Кл}$. Какова разность потенциалов между поверхностью шара и точкой, удалённой от поверхности на расстояние, равное радиусу шара?

Задача 4. Найти общее сопротивление цепи, изображённой на рисунке 2, если сопротивление каждого резистора равно $0,2 \text{ кОм}$.

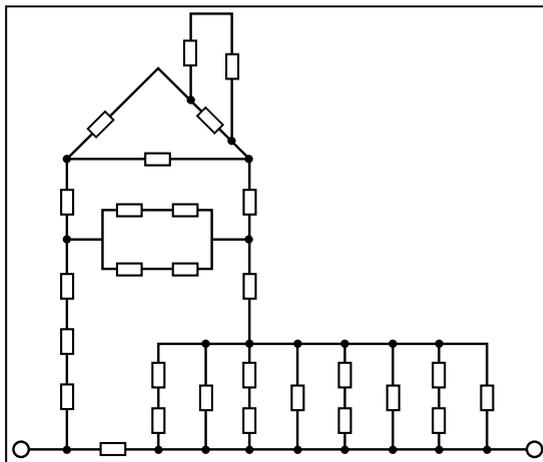


Рис. 2

Педагогическое руководство чтением учебной литературы

Одной из базовых технологий для Образовательной системы «Школа 2100» является технология формирования типа правильной читательской деятельности. Технология предполагает *три этапа работы с текстом*: работа с текстом до чтения (развитие умения предполагать, прогнозировать содержание текста по его заглавию, иллюстрациям), работа с текстом во время чтения (цель – понимание текста и создание его читательской интерпретации, усвоение связей и основных признаков понятия, явления), работа с текстом после чтения (корректировка

читательской интерпретации, формулирование обобщённых выводов). Соблюдение такой технологии призвано обеспечить полноценное для конкретного читателя восприятие и понимание текста¹.

Помимо работы с учебно-научными текстами учебника в рамках указанной технологии одним из элементов деятельности учителя, направленной на решение задач развивающего обучения, является организация и руководство чтением учащимися дополнительной литературы по предмету. Школьники, знакомясь с научно-популярными статьями, очерками по отдельным вопросам физики и техники, с рассказами о жизни и деятельности учёных, развивают свои познавательные способности, физическое мышление, личность в целом.

Сравнивая научно-популярную литературу с литературой учебной, необходимо отметить их функциональные различия:

«1. В отличие от учебников... научно-популярные работы предназначены для желающих, чтение их совершенно добровольно.

2. В отличие от авторов учебников авторы научно-популярных произведений не могут рассчитывать на безусловное участие, на постоянную помощь учителя при чтении...

3. Если учебник содержит обязательный минимум знаний, подлежащих безусловному усвоению в соответствии с программой данного учебного предмета, то автор научно-популярного произведения обычно волен сам определять, какие вопросы в это произведение включать...

4. Читательское назначение научно-популярных изданий отличается гораздо большей вариативностью, чем назначение учебников...

5. Автор научно-популярной книги, в отличие от автора учебника, не может рассчитывать на последовательное и систематическое изучение определённого предмета»².

Таким образом, основной целью работы ученика с дополнительной литературой видится не усвоение им «запрограммированной» информации, а формирование обобщённых приёмов мыслительной деятельности (анализ, синтез, сравнение, систематизация и т.д.).

Компьютер на уроках физики

В настоящее время стремительное развитие компьютерной техники привело к развитию общества, в котором большинство работающих занято производством, хранением, переработкой и реализацией информации, особенно высшей её формы – знаний. Информатизация общества является одной из закономерностей современного социального процесса, и в период перехода к информационному обществу необходимо подготовить человека к быстрому восприятию и обработке больших объёмов информации, овладению им современными средствами, методами и технологией работы. Это требует определения места и роли информационных технологий в образовательном процессе, в том числе

¹ Чиндилова О.В., Бунеева Е.В. Технология продуктивного чтения как образовательная технология деятельностного типа [Текст]. Начальная школа плюс До и После. – 2012. – № 8.

² Сохор А.М. Учебники и научно-популярная литература. Проблемы школьного учебника. Вып. 8. (О конструировании учебника) [Текст]. – М. : Просвещение, 1980. – С. 62, 63.

и при изучении физики. Возникает и необходимость в разработке соответствующих методических приёмов и дидактических средств. Под *информационными технологиями* понимают процессы накопления, обработки, распространения и использования информации с помощью электронных средств.

Определим *педагогическую технологию* как оптимальную организацию совместной деятельности учителя и учащихся по достижению заранее спроектированных целей педагогического процесса, реализуемого на основе определённой педагогической системы. Синтез педагогических технологий с информационными будем обозначать как *информационные технологии обучения*. Информационные технологии обучения определяют (с точки зрения их содержания) как отрасль дидактики, занимающуюся изучением планомерно и сознательно организованного процесса обучения и усвоения знаний, в котором находят применение средства информатизации образования. При таком подходе информационные технологии обучения предлагается рассматривать как дидактический процесс, организованный с использованием компьютерных средств и методов обработки, создания, передачи, хранения и отображения информации, оптимизированный в соответствии с закономерностями выбранного типа учебно-познавательной деятельности учащихся.

Применение информационных технологий обучения способствует организации обучающей среды для изучения физики, повышает уровень усвоения учебного материала и качество знаний. По мнению дидактов, учёных-педагогов, основными задачами применения компьютера на уроках физики являются:

- развитие творческих способностей школьников, умение анализировать, моделировать, прогнозировать, творчески мыслить;
- повышение мотивации изучения физики;
- формирование умений учащихся получать знания самостоятельно, работая с обучающими программами на компьютере;
- осуществление дифференцированного подхода к учащимся при обучении физике, используя компьютер.

Предложено много различных способов методического использования компьютеров: компьютерные демонстрации, лабораторно-компьютерные практикумы, компьютерное тестирование и т.д. Создано разнообразное программное педагогическое обеспечение, которое можно классифицировать в зависимости от вида его использования на уроках:

- обучающие программы;
- демонстрационные программы;
- компьютерные модели;
- компьютерные лаборатории;
- лабораторные работы;
- пакеты задач;
- контролирующие программы;
- компьютерные дидактические материалы.

Как обоснованно отмечает А.Ф. Кавтрев, одним из наиболее перспективных направлений использования информационных технологий в физическом образовании является компьютерное моделирование физических явлений и процессов. Компьютерные модели легко вписываются в традиционный урок, позволяя учителю продемонстрировать на экране компьютера многие физические эффекты, а также позволяют

организовывать новые, нетрадиционные виды учебной деятельности учащихся¹. Компьютерная модель – средство визуализации физического процесса компьютерными средствами, компьютерная программа, имитирующая физические опыты, явления или идеализированные модельные ситуации, встречающиеся в физических задачах. Компьютерные модели позволяют получать в динамике наглядные, запоминающиеся иллюстрации физических экспериментов и явлений. «В физике, как и в других науках, любое исследование тесно связано с моделированием. ...Математическое или компьютерное моделирование представляет собой мощный исследовательский инструмент. Физики могут досконально исследовать хорошую компьютерную модель какого-либо явления или процесса, найти новые особенности. По результатам теоретических расчётов выбирается из возможных многочисленных вариантов самый подходящий эксперимент. ...Таким образом, физика – наука, в которой математическое моделирование является важным методом исследования, и сегодня, кроме теоретической и экспериментальной физики, можно выделить третий раздел – вычислительную физику... В учебной физике компьютер открывает много новых возможностей. Физические законы, понятия, явления и эффекты предстают на экране монитора в красочной и наглядной форме, сочетая в себе демонстрационные опыты и математическое описание»². Наиболее интересные с дидактической точки зрения компьютерные модели содержатся на дисках «Открытая физика» (часть 1 и часть 2), «Открытая астрономия» фирмы «Физикон» (www.physicon.ru). На дисках приведены также различные материалы для учителя, позволяющие методически грамотно организовать работу с компьютерными моделями; имеется специальное методическое пособие.

Безусловно, внимания учителя заслуживает Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов (www.school-collection.edu.ru). Целью создания Единой коллекции являлось сосредоточение в одном месте и предоставление доступа к полному набору современных обучающих средств, предназначенных для преподавания и изучения различных учебных дисциплин в соответствии с ФГОС. Одним из преимуществ Единой коллекции является наличие методического обеспечения по использованию её ресурсов в образовательном процессе, имеется специальный подраздел *Ресурсы учителей*.

Определённые особенности имеют и электронные ресурсы, создаваемые Образовательной системой «Школа 2100» (www.school2100.ru):

- созданы электронные формы учебников;
- происходит постоянная доработка и пополнение ресурсов (в том числе и по физике);
- комплексность ресурсов – комплекс электронных и бумажных ресурсов, разработанных единым авторским коллективом в едином ключе и на основе единой методической базы;
- все ресурсы разработаны в единстве образовательных технологий и соответствуют новым требованиям ФГОС.

¹ Кавтрев А.Ф. Методические аспекты преподавания физики с использованием компьютерного курса «Открытая физика 1.0. часть I» [Текст]. – СПб. – М., 2000.

² Сорокин А.В., Торгашина Н.Г., Ходос Е.А., Чиганов А.С. Физика : наблюдение, эксперимент, моделирование. Элективный курс : Учебное пособие [Текст]. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – С. 24.

Глобальным источником информации и местом её хранения является Интернет. Ещё на школьной скамье человек должен быть подготовлен к работе в этой информационной среде, а значит, требуется осознание роли и места Интернета в учебном процессе современной школы. По этой причине для образовательной организации актуальной задачей является создание сайта как одной из форм реализации информационной технологии обучения в деятельности школы. Основой разработки образовательного сайта должна служить целостная педагогическая концепция учебного заведения. Только в этом случае можно рассчитывать, что сайт будет решать не отдельную, хотя и важную, частную задачу внедрения в практику работы школы информационных технологий, а выступать средством повышения эффективности всех сторон деятельности школы. В настоящее время отдельные энергичные и творческие учителя создают авторские сайты преподавателя. Сайт учителя-предметника – это не дань моде, а серьёзный методический инструмент современности, без которого трудно будет в дальнейшем представить себе учителя XXI века. Для того чтобы сайт стал эффективным инструментом в работе учителя, он должен изначально конструироваться и реализовываться как дидактическое средство. Таким образом, при реализации проблемного обучения компьютер и сетевые технологии также находят своё место в арсенале дидактических средств учителя физики.

Особенности планирования учебной деятельности

Особенностью планирования учебной деятельности, изложенного в пособии, является использование идеи укрупнённых дидактических единиц – УДЕ¹. «Дидактической единицей может быть совокупность вопросов или групп задач, обрабатываемых, как правило, в пределах одного урока. Дидактическая единица усвоения должна представлять основную «клеточку» учебного процесса, т. е. локальную и относительно самостоятельную ступень учебной деятельности, обладающую сложно-компонентным составом и быстрым по времени осуществлением.

Указанная единица усвоения должна обладать устойчивостью к сохранению памяти и служить как бы генетической затравкой для последующего наращивания новых порций знаний вокруг исходного начала»².

Использование УДЕ приводит к тому, что каждый урок, как правило, посвящён решению конкретной дидактической задачи – изучению нового материала, ознакомлению учеников со способами решения типовых логических задач, осуществлению тематического контроля знаний и т. д. Преимущества такого метода планирования учебного материала видятся в том, что учитель целенаправленно выделяет из всего учебного материала основные, «стержневые» факты, идеи (генерализация учебного материала). При этом из учебного материала не удаляется какая-то часть информации, а лишь происходит его переструктурирование с образованием обобщённых дидактических единиц одновременного

¹ Эрдниев П. М. Укрупнение дидактических единиц как технология обучения. В 2 ч. [Текст]. – М.: Просвещение, 1992.

² Эрдниев П. М. Итоги и перспективы исследования проблемы обучения методом укрупнения дидактических единиц. В кн.: Метод укрупнения дидактических единиц. Материалы второй научно-практической конференции. [Текст]. – Элиста, 1976.

изучения, где упор делается на выделение физической сути рассматриваемых вопросов.

В качестве примера обратимся к фрагменту планирования одного из разделов курса физики 10-го класса «Электрические явления» (полностью планирование приведено на сайте Образовательной системы «Школа 2100»).

Примерное тематическое планирование занятий по курсу «Физика», 10 класс (базовый уровень)

Номер занятия (2ч.)	Тема урока
2/1	Электрическое поле
2/2	Решение задач по теме «Характеристики электрического поля»
2/3	Закон Кулона. Лабораторная работа «Определение кулоновской силы»
2/4	Конденсаторы
2/5	Повторение изученного материала. Самостоятельная работа по теме «Электрическое поле»
2/6	Постоянный электрический ток
2/7	Электрическое сопротивление. Лабораторная работа «Определение длины и диаметра медной проволоки»
2/8	Закон Ома для полной цепи. Лабораторная работа «Проверка закона Ома для полной цепи»
2/9	Лабораторная работа «Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока»
2/10	Повторение изученного материала. Самостоятельная работа по теме «Электрический ток»

На занятии 2/6 ученики *повторяют* основные понятия по теме «Постоянный электрический ток», изучавшиеся ими в 8-м классе. На занятии 2/7 эти понятия они *используют* при выполнении фронтальной лабораторной работы. На занятии 2/8 при разрешении учебной проблемы *изучают* новую физическую величину – ЭДС и новый физический закон – закон Ома для полной цепи. На занятии 2/9 ученики *практически применяют* новые физические знания при решении задач и выполнении лабораторной работы, содержащей три различных задания (и уровня «мини», и уровня «макси»). На уроке 2/10, выполняя самостоятельную работу, учащиеся *определяют уровень своих знаний* по данной учебной теме.

Благодаря использованию УДЕ число дидактических задач, решаемых учителем на каждом уроке, уменьшено, а значит, более рационально используется учебное время, что повышает качество учебной деятельности и её результат. В итоге достигается более глубокое усвоение учебного материала и более существенное развитие учеников.

Контроль и оценивание

Одной из проблем, требующих решения в рамках личностно ориентированного образования, является проблема контроля и оценивания. Основной целью в рамках Образовательной системы «Школа 2100» является *воспитание функционально грамотной личности*. В рамках конкретного предмета продвижение к заявленной цели идёт по определённым линиям развития личности ученика. Например, основными содержательно-целевыми *линиями развития учащихся* средствами предмета «Физика» являются:

- формирование основ научного мировоззрения и физического мышления;
- проектирование и проведение наблюдения природных явлений с использованием необходимых измерительных приборов;
- диалектический метод познания природы;
- развитие интеллектуальных и творческих способностей;
- применение полученных знаний и умений для решения практических задач повседневной жизни.

Таким образом, в ходе обучения необходимо проконтролировать, как ученик овладевает качествами функционально грамотной личности, т.е. *не отдельными знаниями, а умениями ими пользоваться в ходе решения различных задач (проблем)*.

Коллективом авторов учебников, методистами и учителями образовательной системы «Школа 2100» создана новая технология оценивания. Основные черты этой технологии можно передать следующим образом.

1. Текущий контроль. «В задачу учителя при оценивании входитощрение действий ученика. Особенно важно соблюдать это правило в ходе использования проблемно-диалогического метода на этапе решения проблемы, когда ученики высказывают свои гипотезы, предположения. ...

Кроме того, в процессе оценивания учитель показывает ученику, чего он уже достиг, а что ему предстоит освоить ("Молодец! Но..."). ...

Ещё одна функция оценки при текущем контроле – обучение ученика критериям оценивания собственной работы. Это достигается за счёт использования взаимопроверки и самопроверки»¹.

Чтобы ученик мог верно оценить свои успехи в изучении физики при выполнении того или иного учебного задания, ему необходимо освоить следующий порядок самооценки:

- ясно ли вам, какова цель задания (что нужно было получить в результате его выполнения);
- выполнено ли вами задание (достигнута ли цель, получен ли результат);
- выполнено ли вами задание верно или с ошибкой;
- выполнено ли вами задание самостоятельно или с чьей-то помощью;
- основания для отметки, оценки.

«Для определения успешности выполнения задания надо дать возможность сначала самому ученику свериться с неким эталоном,

¹ Вахрушев А. А., Данилов Д. Д. Оценка и отметка в Образовательной системе «Школа 2100» [Текст]. Начальная школа плюс До и После. – 2003. – № 6.

критерием правильности и т. д. После этого ученик сам оценивает свою успешность, а учитель высказывает своё мнение – происходит согласование позиций»¹.

Помимо оценки ученик при текущем контроле может получить и отметку. Отметки, полученные учеником при текущем контроле знаний (назовём их «маленькими отметками»), должны играть второстепенную роль, позволяя ученику осознать уровень усвоения им учебного материала на определённый момент, его деятельность, его старательность, и не должны учитываться при выставлении итоговой отметки (за отдельный учебный модуль, за четверть, за год). Естественно, ученики и их родители должны быть заранее предупреждены о неравноценности отметок.

2. Тематический контроль. «Необходимость проверки знаний основных положений темы после её изучения обусловлена, во-первых, тем, что учащиеся к моменту текущей проверки ещё не до конца усваивают учебный материал, и, во-вторых, тем, что, изучив все вопросы темы, учащиеся начинают воспринимать ранее изученное с новых позиций, лучше понимают взаимосвязь изученных явлений»². Таким образом, тематический контроль проверяет не учебную деятельность, а учебные результаты (степень обученности).

Возможности УМК позволяют осуществлять тематический контроль путём сдачи устного зачёта, выполнения тестов. Отдельные методические указания по работе с тестовыми заданиями приведены в Приложении 1. Именно при тематическом контроле знаний ученик получает те отметки (назовём их «большими отметками»), усреднение которых определяет итоговую отметку ученика. «Большая» отметка может быть поставлена ученику и в процессе изучения материала за особую активность при разрешении проблемной ситуации, смелость и оригинальность мышления и т.п.

У тестового метода контроля знаний имеются, безусловно, свои неоспоримые достоинства и преимущества (оперативность, объективность и т.д.). Однако обратим внимание на столь же очевидные недостатки, которые тем более существенны, чем больше доминирует этот метод контроля:

- постоянное применение тестового контроля препятствует развитию связной устной и письменной речи учеников;
- применение тестового контроля не способствует развитию логического мышления учащихся, овладению ими основами научной методологии научного познания мира;
- тестовое задание, в частности по физике, представляет собой, как правило, уже готовую однозначно заданную модель физической ситуации в идеализированном виде. По этой причине у ученика не развиваются приёмы анализа, вычленения существенного в рассматриваемой конкретной ситуации, он не учится создавать физическую модель.

Для того чтобы в определённой мере расширить возможности использования устной речи учащимися, предлагается (и это учтено в

¹ Данилов Д. Д., Серова Ж. И. Экспериментальная модель контроля и оценивания в Образовательной системе «Школа 2100» [Текст]. Начальная школа плюс До и После. – 2004. – № 4.

² Оноприенко О. В. Проверка знаний, умений и навыков учащихся по физике в средней школе. Кн. для учителя [Текст]. – М. : Просвещение, 1988. – С. 103.

поурочном планировании) систематически использовать такую форму тематического контроля, как устный зачёт. При проведении зачёта класс делится на несколько групп (4–5 учеников в группе). В качестве ассистентов-помощников учителя выступают наиболее подготовленные ученики данной параллели.

В заключение приведём несколько правил технологии оценивания образовательных достижений (подробное описание правил можно найти на сайте www.school2100.ru):

«1-е правило. Оценивается любое, особенно успешное, действие, а фиксируется отметкой только решение полноценной задачи, т.е. умения по использованию знаний.

2-е правило. Учитель и ученик по возможности определяют оценку в диалоге (внешняя оценка + самооценка). Ученик имеет право аргументированно оспорить выставленную отметку.

3-е правило. За каждую учебную задачу или группу заданий-задач, показывающих овладение отдельным умением, ставится отдельная отметка»¹.

Изучение и учёт индивидуальных особенностей учеников

В известной работе Л. М. Фридмана «Педагогический опыт глазами психолога» акцентируется внимание на том, что дидактически грамотная организация и проведение учебного процесса не принесёт должного эффекта, если не вызовет у каждого ученика эмоционального удовлетворения, не будет формировать у него потребностей в познании, в накоплении социального опыта, в саморазвитии и самосовершенствовании. «Для того чтобы организация учебного процесса была именно такой, необходимо проведение этого процесса психологически обеспечить. Это психологическое обеспечение сводится, во-первых, к формированию у каждого ученика соответствующей потребностно-мотивационной сферы его учебной деятельности, а во-вторых, эмоционального насыщения этой деятельностью ... учебный процесс должен быть так организован и так проводиться, чтобы обеспечить мотивацию учения и положительное эмоциональное отношение к нему у каждого ученика»².

По этой причине учителю (в сотрудничестве со школьным психологом) необходимо провести работу по изучению учеников и ученического коллектива. Учителю должны быть известны и учитываться при организации учебной деятельности (в том числе и проблемного обучения) индивидуальные особенности учеников, структура и уровень их способностей, характер межличностных отношений в ученическом коллективе. Различные методики, которые могут быть использованы при установлении уровня развития познавательных возможностей и способностей учащихся, их интеллекта, а также для изучения межличностных отношений в ученическом коллективе, ранее уже были указаны в методических пособиях для основной школы.

¹ Данилов Д. Д., Турчина М. Е., Родыгина О. А., Стойка Е. И., Гудилина С. А. Контроль и оценивание в «Школе 2100»: эксперимент закончен, технология создана [Текст]. Начальная школа плюс До и После. – 2007. – № 10.

² Фридман Л. М. Педагогический опыт глазами психолога : Кн. для учителя [Текст]. – М. : Просвещение, 1987. – С. 57–58.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ПРЕДМЕТУ «ФИЗИКА», 10-й и 11-й КЛАССЫ (базовый уровень)

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 г. № 413 и обеспечена учебниками для 10 и 11 классов (базовый уровень), автор С.М. Андрюшечкин¹.

I. Пояснительная записка

Физика как учебный предмет занимает особое место в системе среднего (полного) общего образования, отражая ту роль, которую играла физика как наука в формировании современного облика естественных наук. Именно в процессе изучения физики учащимся предоставляется возможность пройти *весь цикл познания* от непосредственного наблюдения того или иного природного явления к его экспериментальному изучению, а далее к теоретическому осмыслению модели изучаемого явления, проверке следствий теории и использованию выводов теории в практической деятельности. Физические знания являются базой для изучения дисциплин предметной области «Естественные науки» (химия, биология, естествознание, экология, основы безопасности жизнедеятельности). По этим причинам требуется самый тщательный отбор предметного содержания дисциплины и методики её изучения, с тем, чтобы в полной мере реализовать ФГОС, методологической основой которого является системно-деятельностный подход, позволяющий обеспечить активную учебно-познавательную деятельность обучающихся.

В процессе изучения физики должны решаться задачи становления личностных характеристик выпускника, на которые нацеливает Стандарт:

– «креативный и критически мыслящий, активно и целенаправленно познающий мир, осознающий ценность образования и науки, труда и творчества для человека и общества;

– владеющий основами научных методов познания окружающего мира;

– мотивированный на творчество и инновационную деятельность;

– готовый к сотрудничеству, способный осуществлять учебно-исследовательскую, проектную и информационно-познавательную деятельность; ...

– мотивированный на образование и самообразование в течение всей своей жизни»².

Программа ориентирована на преподавание курса физики в рамках Образовательной системы «Школа 2100», педагогические и дидактические принципы которой и составляют концептуальную основу данной программы³.

¹ Программа обеспечена учебниками:

Андрюшечкин, С. М. Физика. 10 кл. : учеб. для общеобразоват. организаций (базовый уровень). – М. : Баласс, 2013. – 304 с.

Андрюшечкин, С. М. Физика. 11 кл. : учеб. для общеобразоват. организаций (базовый уровень). – М. : Баласс, 2013. – 336 с.

² Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования.

³ Образовательная система «Школа 2100». Педагогика здравого смысла. – М. : Издательский дом РАО; Баласс, 2003. – С. 87–92.

А. Личностно ориентированные принципы: принцип адаптивности; принцип развития; принцип комфортности.

Б. Культурно ориентированные принципы: принцип картины мира; принцип целостности содержания образования; принцип систематичности; принцип смыслового отношения к миру; принцип ориентировочной функции знаний; принцип опоры на культуру как мировоззрение и как культурный стереотип.

В. Деятельностно ориентированные принципы: принцип обучения деятельности; принцип управляемого перехода от деятельности в учебной ситуации к деятельности в жизненной ситуации; принцип перехода от совместной учебно-познавательной деятельности к самостоятельной деятельности учащегося (зона ближайшего развития); принцип опоры на процессы спонтанного развития; принцип формирования потребности в творчестве и умений творчества.

В соответствии с Образовательной системой «Школа 2100»¹ каждый школьный предмет, в том числе и физика, своими целями, задачами и содержанием образования должен способствовать формированию **функционально-грамотной личности**, т.е. личности, которая способна использовать уже имеющиеся у неё знания, умения и навыки для решения максимально широкого диапазона жизненных задач в различных сферах человеческой деятельности, общения и социальных отношений и которая способна осваивать новые знания на протяжении всей жизни.

Основные линии развития учащихся средствами предмета «Физика»

Для достижения требований стандарта к результатам освоения основной образовательной программы изучение физики в образовательных организациях среднего (полного) общего образования должно быть направлено на реализацию следующих линий развития учащихся средствами предмета:

1) Формирование мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, и физического мышления. Владение основополагающими физическими понятиями, закономерностями, законами и теориями; уверенное пользование физической терминологией и символикой. Владение основными методами научного познания, используемыми в физике: наблюдение, описание, измерение, эксперимент.

2) Диалектический метод познания природы. Сформированность представлений о роли и месте физики в современной научной картине мира; понимание физической сущности наблюдаемых во Вселенной явлений. Сформированность собственной позиции по отношению к физической информации, полученной из разных источников. Формирование понимания необходимости общечеловеческого контроля за разумным использованием достижений науки и технологий для дальнейшего развития общества и разрешения глобальных проблем человечества.

3) Проектирование и проведение наблюдения природных явлений с использованием необходимых измерительных приборов. Умение обрабатывать результаты измерений; обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы.

¹ Образовательная система «Школа 2100». Педагогика здравого смысла. – М. : Издательский дом РАО; Баласс, 2003. – С. 72–141.

4) Развитие интеллектуальных и творческих способностей. Умение ставить и разрешать проблему при индивидуальной и коллективной познавательной деятельности. Сформированность умения решать физические задачи.

5) Применение полученных знаний и умений для решения практических задач повседневной жизни. Понимание роли физики в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач. Сформированность умения применять полученные знания для объяснения условий протекания физических явлений в природе и для принятия практических решений в повседневной жизни.

При преподавании физики в 10-м и 11-м классах на базовом уровне достижение сформулированных выше общих линий развития учащихся осуществляется в объёме, определяемом содержанием учебного предмета в данном классе.

II. Общая характеристика учебной дисциплины «Физика»

Физика вместе с другими дисциплинами (химия, биология, естествознание, экология, основы безопасности жизнедеятельности) составляют предметную область «Естественные науки».

Построение логически связного курса опиралось на следующие идеи и подходы:

– *Выделение ядра новых теоретических знаний и их усвоение в процессе активной познавательной деятельности учащихся.* Учитывая, что предметные результаты освоения основной образовательной программы для учебного предмета на базовом уровне ориентированы на обеспечение преимущественно общеобразовательной и культурной подготовки (в отличие от углублённого уровня с ориентацией преимущественно на подготовку к последующему профессиональному образованию), автор программы и учебников счёл возможным отойти от ставшего традиционным изложения механики в качестве отдельной учебной темы, с которой начинается курс физики в 10-м и 11-м классах. Законы и понятия механики повторяются учащимися в процессе изучения вопросов молекулярной физики, электродинамики, колебательных и волновых процессов, элементов теории относительности и квантовой физики. (При этом в учебнике физики 10 класса имеется Приложение «Основные понятия механики», материал которого позволяет учителю организовать систематическое изучение вопросов механики для тех учащихся, кто имеет существенные пробелы в знаниях по данной теме.) Это позволило более рационально использовать имеющийся в распоряжении учителя лимит времени, направив его на рассмотрение новых для учащихся физических понятий (модель идеального газа и необратимость тепловых процессов, характеристики электрического поля и закон Ома для полной цепи, вектор магнитной индукции и магнитные свойства вещества, свободные электромагнитные колебания и трёхфазный ток, поляризация волн и явление рассеяния света, постулаты СТО и явление фотоэффекта, классификация элементарных частиц и основные объекты Вселенной).

– *Генерализация учебного материала* на основе ведущих идей, принципов физики. К примеру, изучение раздела «Молекулярная физика» в курсе физики 10 класса идёт по линии «нарастания межмолекулярного взаимодействия» в рассматриваемых объектах: идеальный газ

невзаимодействующих молекул—реальные газы—жидкости—твёрдые тела. Раздел «Электрические явления» включает в себя не только рассмотрение закономерностей постоянного тока, но и рассмотрение процессов протекания тока в различных средах — металлах, газах, электролитах, полупроводниках. В разделе «Электромагнитные колебания и волны» (11 класс) совместно с электромагнитными колебаниями рассматриваются и механические колебания. Структура раздела «Основы астрофизики» определяется «эффектом масштаба»: Вселенная как единое целое—галактики—звёзды—Солнечная система—планеты. Задачам генерализации служит широкое использование обобщённых планов построения ответов (А.В. Усова) и ознакомление учащихся с особенностями различных мыслительных операций (анализ, синтез, сравнение, обобщение, классификация, систематизация).

– *Усиление практической направленности и политехнизма курса.* С целью активизации познавательной деятельности учащихся на уроках физики преподавание ведётся с широким привлечением демонстрационного эксперимента, включающего и примеры практического применения физических явлений и законов. Учениками выполняется значительное число фронтальных экспериментов и лабораторных работ. Предлагается решение задач с реальными техническими данными, работа с научно-популярной литературой, поиски физико-технической информации в Интернете.

В качестве ведущей методики при реализации данной программы рекомендуется *использование проблемного обучения.* Это способствует созданию положительной мотивации, активизирует обучение. Совместное решение проблемы развивает коммуникабельность, умение работать в коллективе; решать нетрадиционные задачи, используя приобретённые предметные, интеллектуальные и общие знания, умения и навыки.

На этапе введения знаний используется технология проблемно-диалогического обучения, которая позволяет организовать исследовательскую работу учащихся на уроке и самостоятельное открытие знаний. Данная технология разработана на основе исследований в двух самостоятельных областях — проблемном обучении (М.И. Махмутов, Р.И. Малафеев и др.) и психологии творчества (А.В. Брушлинский, А.М. Матюшкин, А.Т. Шумилин и др.). На уроке введения новых знаний постановка проблемы заключается в создании учителем проблемной ситуации и организации выхода из неё одним из трёх способов: 1) учитель сам заостряет противоречие проблемной ситуации и сообщает проблему; 2) учащиеся осознают противоречие и формулируют проблему; 3) учитель диалогом побуждает учащихся выдвигать и проверять гипотезы.

Индивидуальная работа при выполнении домашних заданий в соответствии с выбранной образовательной траекторией (принцип минимума и максимума) развивает способность учащегося самостоятельно мыслить и действовать, нести ответственность за результаты своего труда.

Структура курса физики в 10-м и 11-м классах

Структура курса физики на данной ступени обучения определяется последовательным рассмотрением различных форм материи в процессе изучения основных физических теорий: молекулярной физики и термодинамики, электродинамики, специальной теории относительности, квантовой физики. Тем самым при рассмотрении основных свойств

вещества и поля, законов сохранения, проявления динамических и статистических закономерностей в природе, строения и эволюции Вселенной формируется современная научная картина мира.

III. Описание места учебного предмета «Физика» в учебном плане

В соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования на базовом уровне предмет «Физика» изучается в 10-м и 11-м классах. Общее количество уроков в неделю в 10-м и 11-м классах на базовом уровне составляет 4 ч. (10-й и 11-й классы – по 2 часа в неделю).

IV. Планируемые результаты освоения учебного предмета «Физика»

Взаимосвязь результатов освоения предмета «Физика» можно системно представить в виде схемы (с. 35).

Личностными результатами изучения предмета «Физика» являются следующие умения:

Осознавать единство и целостность окружающего мира, возможности его познаваемости и объяснимости на основе достижений науки.

Выстраивать собственное целостное мировоззрение:

- вырабатывать собственные ответы на основные жизненные вопросы, которые ставит личный жизненный опыт;
- учиться признавать противоречивость и незавершённость своих взглядов на мир, возможность их изменения.

Учиться использовать свои взгляды на мир для объяснения различных ситуаций, решения возникающих проблем и извлечения жизненных уроков.

Осознавать и использовать свои интересы для выбора индивидуальной образовательной траектории.

Приобретать опыт участия в делах, приносящих пользу людям.

Оценивать жизненные ситуации с точки зрения безопасного образа жизни и сохранения здоровья. Учиться выбирать стиль поведения, привычки, обеспечивающие безопасный образ жизни и сохранение своего здоровья, а также здоровья близких людей и окружающих.

Оценивать экологический риск взаимоотношений человека и природы. Формировать экологическое мышление: умение оценивать свою деятельность и поступки других людей с точки зрения сохранения окружающей среды.

Средством достижения личностных результатов служит учебный материал, и прежде всего продуктивные задания учебника, нацеленные на 1-ю, 2-ю, 4-ю и 5-ю линии развития:

- формирование мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, и физического мышления;
- диалектический метод познания природы;
- развитие интеллектуальных и творческих способностей;
- применение полученных знаний и умений для решения практических задач повседневной жизни.

Метапредметными результатами изучения курса «Физики» является формирование универсальных учебных действий (УУД).



Регулятивные УУД:

Самостоятельно обнаруживать и формулировать проблему в совместной и индивидуальной учебной деятельности.

Выдвигать версии решения проблемы, осознавать конечный результат, выбирать из предложенных средств и искать самостоятельно средства достижения цели.

Составлять (индивидуально или в группе) план решения проблемы.

Работая по предложенному и (или) самостоятельно составленному плану, использовать наряду с основными средствами и дополнительные: справочная литература, физические приборы, компьютер.

Планировать свою индивидуальную образовательную траекторию.

Работать по самостоятельно составленному плану, сверяясь с ним и целью деятельности, исправляя ошибки, используя самостоятельно подобранные средства.

Самостоятельно осознавать причины своего успеха или неуспеха и находить способы выхода из ситуации неуспеха.

Уметь оценивать степень успешности своей индивидуальной образовательной деятельности.

Давать оценку своим личностным качествам и чертам характера («каков я»), определять направления своего развития («каким я хочу стать», «что мне для этого надо сделать»).

Средством формирования регулятивных УУД служит соблюдение технологии проблемного обучения на этапе изучения нового материала, обобщённых планов построения ответов и технологии оценивания образовательных достижений (учебных успехов).

Познавательные УУД:

Анализировать, сравнивать, классифицировать и обобщать изученные понятия.

Строить логичное рассуждение, включающее установление причинно-следственных связей.

Преобразовывать информацию из одного вида в другой и выбирать удобную для себя форму фиксации и представления информации (конспект, таблица, схема, график, компьютерная презентация).

Использовать различные виды чтения, приёмы слушания.

Самому создавать источники информации разного типа и для разных аудиторий, соблюдать правила информационной безопасности.

Уметь использовать компьютерные и коммуникационные технологии как инструмент для достижения своих целей. Уметь выбирать адекватные задаче программно-аппаратные средства и сервисы.

Средством формирования познавательных УУД служит учебный материал, и прежде всего продуктивные задания учебника, нацеленные на 2-ю, 3-ю, 5-ю линии развития:

- диалектический метод познания природы;
- проектирование и проведение наблюдения природных явлений с использованием необходимых измерительных приборов;
- применение полученных знаний и умений для решения практических задач повседневной жизни.

Коммуникативные УУД:

Отстаивая свою точку зрения, приводить аргументы, подтверждая их фактами.

В дискуссии уметь выдвинуть контраргументы, перефразировать свою мысль (владение механизмом эквивалентных замен).

Учиться критично относиться к своему мнению, уметь признавать ошибочность своего мнения (если оно таково) и корректировать его.

Различать в письменной и устной речи мнение (точку зрения), доказательства (аргументы, факты), гипотезы, аксиомы, теории.

Уметь взглянуть на ситуацию с иной позиции и договариваться с людьми иных позиций.

Средством формирования коммуникативных УУД служит проблемный диалог (побуждающий и подводящий диалог), организация работы в малых группах, а также использование на уроках элементов технологии продуктивного чтения.

Предметными результатами изучения предмета «Физика» являются следующие умения:

10 класс

1-я линия развития. Формирование мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, и физического мышления:

- осознавать место и роль физики в ряду других естественных наук;
- иметь представление о различных научных методах познания природы;

- иметь представление о модельном методе познания (на примере модели идеального газа);

- характеризовать основные положения молекулярно-кинетической теории, понятие об атомно-молекулярном строении вещества и трёх состояниях вещества;

- характеризовать понятия теплового движения и абсолютного нуля температур;

- различать статистические закономерности, которым подчиняются тепловые процессы;

- применять понятие об электрическом и магнитном полях для объяснения соответствующих физических процессов;

- характеризовать понятие «электрический ток» и процессы, сопровождающие его прохождение в различных средах (металлах, электролитах, газах, полупроводниках).

2-я линия развития. Диалектический метод познания природы:

- обосновывать взаимосвязь характера теплового движения частиц вещества и свойств вещества;

- обосновывать зависимость свойств кристаллов от наличия дефектов в них;

- излагать научную точку зрения по вопросу о принципиальной схеме работы тепловых двигателей и экологических проблемах, обусловленных их применением;

- обосновывать необходимость источника ЭДС для поддержания постоянного тока в замкнутой электрической цепи;

- излагать основы зонной теории при обосновании особенностей электропроводности чистых и примесных полупроводников.

3-я линия развития. Проектирование и проведение наблюдения природных явлений с использованием необходимых измерительных приборов:

- оценивать абсолютную и относительную погрешность измерений, действуя по предложенному алгоритму;
- проводить измерение температуры, давления, относительной влажности, силы упругости, силы тока, напряжения, ЭДС, внутреннего сопротивления источника тока;
- наблюдать зависимость давления газа от его температуры и объёма, явление поверхностного натяжения, процесс роста кристаллов;
- изучать зависимость давления газа от его температуры и объёма, зависимость силы тока в электрической цепи от сопротивления цепи, вольт-амперную характеристику лампы накаливания;
- проводить наблюдение процесса электролиза, односторонней проводимости полупроводникового диода, взаимодействия катушки с током и постоянного магнита, действия магнитного поля постоянного магнита на проводник с током.

4-я линия развития. Развитие интеллектуальных и творческих способностей:

- разрешать учебную проблему при анализе зависимости давления идеального газа от его концентрации и средней кинетической энергии поступательного движения молекул, влияния механической обработки на упругие свойства металла;
- разрешать учебную проблему при анализе влияния тепловых двигателей на окружающую среду;
- разрешать учебную проблему при рассмотрении вопроса о недостаточности только электрических сил для поддержания постоянного электрического тока в замкнутой цепи;
- разрешать учебную проблему при изучении вопроса о возникновении тока через вакуум, при изучении вольт-амперной характеристики лампы накаливания, при анализе причин возникновения газового разряда;
- разрешать учебную проблему при рассмотрении взаимодействия проводника с магнитным полем.

5-я линия развития. Применение полученных знаний и умений для решения практических задач повседневной жизни:

- измерять время двигательной реакции, температуру, давление, относительную влажность воздуха, ЭДС источников тока;
- учитывать явления смачивания и несмачивания, упругие свойства тел, накопление энергии заряженными конденсаторами; возможность намагничивания ферромагнитных материалов;
- проводить расчёты простейших электрических цепей, электронагревательных приборов, электрических предохранителей;
- физически верно осуществлять защиту от атмосферных электрических разрядов;
- применять электромагниты, микроэлектродвигатели, громкоговорители.

11 класс

1-я линия развития. Формирование мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, и физического мышления:

- применять метод аналогии для анализа физических процессов;

- характеризовать основные особенности колебательных и волновых процессов различной природы;
- приводить примеры, подтверждающие законы геометрической оптики и волновой характер распространения света;
- излагать постулаты теории относительности и экспериментальные факты, их подтверждающие;
- излагать ряд положений квантовой физики (гипотеза М. Планка, модель атома Н. Бора, классификация элементарных частиц и фундаментальные взаимодействия);
- характеризовать основные свойства Вселенной и важнейшие объекты, её составляющие, а также пути их эволюции.

2-я линия развития. Диалектический метод познания природы:

- анализировать вопросы, связанные с явлением электромагнитной индукции;
- анализировать физические процессы, протекающие на резистивном, ёмкостном и индуктивном участках цепи переменного тока;
- проводить анализ шкалы электромагнитных излучений как примера перехода количественных изменений в частоте колебаний в качественные изменения свойств излучений различных диапазонов;
- излагать вопрос о границах применимости классических физических представлений и их изменении при релятивистских скоростях и для случая микромира;
- излагать вопрос о фундаментальных взаимодействиях и о классификации элементарных частиц, основанной на их участии (неучастии) в определённых видах фундаментальных взаимодействий;
- оперировать пространственно-временными масштабами Вселенной, галактик, сведениями о строении звёзд, Солнечной системы и представлениями об их формировании.

3-я линия развития. Проектирование и проведение наблюдения природных явлений с использованием необходимых измерительных приборов:

- оценивать абсолютную и относительную погрешность измерений, действуя по предложенному алгоритму;
- проводить измерение периода и частоты колебаний различных колебательных систем, абсолютного показателя преломления стекла, разрешающей способности глаза, фокусного расстояния и оптической силы линзы, характеристик частиц по анализу трека заряженной частицы по готовой фотографии;
- наблюдать явление электромагнитной индукции, отражения, преломления света, интерференции и дифракции света.

4-я линия развития. Развитие интеллектуальных и творческих способностей:

- разрешать учебную проблему: при анализе процессов, происходящих при размыкании электрической цепи, содержащей катушку с железным сердечником; при изучении цепи переменного тока, содержащей конденсатор или катушку индуктивности; при изучении зависимости силы тока в цепи переменного тока от его частоты;
- разрешать учебную проблему и развивать критичность мышления при анализе необходимости осуществления процессов модуляции и детектирования при радиотелефонной связи;
- разрешать учебную проблему при рассмотрении отражения света от шероховатой поверхности в отличие от отражения от зеркальной поверхности;

– разрешать учебную проблему при изучении зависимости свойств линз от формы их преломляющих поверхностей, при изучении явления рассеяния света, явления поляризации света;

– разрешать учебную проблему при объяснении факта существования изотопов, положительного энергетического выхода реакции деления урана и термоядерного синтеза;

– разрешать учебную проблему при анализе проблемы обнаружения чёрных дыр, переменности двойных звёзд, видимого петлеобразного движения планет Солнечной системы по небесной сфере.

5-я линия развития. Применение полученных знаний и умений для решения практических задач повседневной жизни:

– учитывать влияние индуктивности на процессы установления и прекращения тока в электрической цепи постоянного тока, возможность резонанса в цепи переменного тока; применять знания о расчёте электрической мощности, о цепи трёхфазного тока, о значениях линейного и фазного напряжений для решения вопроса об использовании тех или иных потребителей электроэнергии;

– применять знания по оптике с целью сохранения качества зрения и применения зеркал, линз, оптических приборов (фотоаппарат, очки, микроскоп);

– судить о влиянии радиоактивного излучения на живые организмы, о приёмах защиты от излучения и способах его измерения;

– применять знания по наблюдательной астрономии для ориентирования на местности.

V. Содержание учебного предмета «Физика»

Содержание учебного предмета соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту среднего (полного) общего образования.

В данной части программы приведено рекомендуемое распределение учебных часов по разделам курса, определена последовательность изучения учебных тем в соответствии с задачами обучения. Указан минимальный перечень демонстраций, проводимых учителем в классе, лабораторных работ и опытов, выполняемых учениками.

10 КЛАСС (70 ч., 2 ч. в неделю)

Введение (4 часа)

Наука как часть мировой культуры. Место и роль физики в ряду других естественных наук. Научные методы (наблюдение, эксперимент), научные теории, модели. Физические величины и их измерения. Расчёт погрешности прямых и косвенных измерений.

Лабораторные работы и опыты

Определение времени двигательной реакции.

Раздел 1. Молекулярная физика (26 часов)

Основные положения молекулярно-кинетической теории. Моль. Модель идеального газа. Температура. Распределение молекул по энергиям. Давление идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы. Реальные газы. Испарение. Насыщенный пар. Влажность воздуха. Кипение. Поверхностное натяжение. Явления смачивания и несмачивания. Капиллярные явления. Кристаллы. Дефекты в кристаллах.

Жидкие кристаллы. Аморфные тела. Полимеры. Упругие свойства твёрдых тел. Закон Гука. Предел прочности.

Внутренняя энергия. Работа в термодинамике. Первый закон термодинамики. Адиабатный процесс. Необратимость тепловых процессов. Второй закон термодинамики. Тепловые двигатели. КПД тепловых двигателей.

Демонстрации

Механическая модель броуновского движения.

Свободная диффузия газов и жидкостей.

Сцепление свинцовых цилиндров.

Модель давления газа.

Статистическая закономерность распределения (доска Гальтона).

Зависимость между давлением, объёмом и температурой газа.

Изменение объёма газа с изменением температуры при постоянном давлении.

Изменение давления газа с изменением температуры при постоянном объёме.

Изменение давления газа с изменением объёма газа при постоянной температуре.

Испарение различных жидкостей.

Свойства насыщенных паров.

Устройство психрометра.

Кипение воды при пониженном давлении.

Обнаружение поверхностного натяжения жидкостей.

Изменение поверхностного натяжения воды.

Капиллярные явления.

Объёмные модели кристаллических решёток различных веществ.

Расширение железной проволоки при нагревании и выделение энергии при изменении её кристаллической структуры.

Анизотропия кристалла исландского шпата.

Изменение упругих свойств латуни при механической обработке.

Виды упругих деформаций.

Изменение температуры воздуха при его сжатии и расширении.

Воздушное огниво.

Изменение температуры свинцовой дроби в результате её падения.

Модель теплового двигателя (на основе «картезианского» водолаза).

Принцип действия двигателя внутреннего сгорания.

Лабораторные работы и опыты

Изучение изобарного процесса.

Определение относительной влажности воздуха.

Определение поверхностного натяжения.

Наблюдение процесса роста кристаллов.

Определение предела прочности металлов.

Определение удельной теплоты плавления льда.

Раздел 2. Электрические явления (30 часов)

Электрическое поле. Характеристики электрического поля. Силовые линии электрического поля. Связь между напряжённостью и потенциалом. Закон Кулона. Напряжённость и потенциал точечного заряда (без вывода формул). Электроёмкость. Конденсаторы, соединение конденсаторов. Энергия электрического поля. Электрический ток. Сила тока. Закон Ома для участка цепи. Последовательное и параллельное соединение проводников. Работа и мощность тока. Сопротивление проводника. Удельное сопротивление. Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи.

Ток через вакуум. Термоэлектронная эмиссия. Электровакуумные приборы. Природа тока в металлах. Зависимость удельного сопротивления металлов от температуры. Сверхпроводимость. Ток в газах. Виды самостоятельного газового разряда. Ток в электролитах. Электролитическая диссоциация. Электролиз. Полупроводники. Собственная и примесная проводимость полупроводников. p - n -переход. Полупроводниковый диод. Фотоэлемент. Транзистор.

Демонстрации

Взаимодействие электрически заряженных тел.

Устройство и действие электрометра.

Одновременное получение разноимённых и равных зарядов при электризации.

Закон Кулона (качественно).

Силовые линии электростатического поля.

Эквипотенциальные поверхности.

Понятие об электроёмкости.

Электроёмкость плоского конденсатора.

Устройство и действие конденсаторов постоянной и переменной ёмкости.

Соединение конденсаторов.

Энергия заряженного конденсатора.

Закон Ома для участка цепи.

Реостаты. Магазины сопротивлений.

Последовательное и параллельное соединение.

Закон Джоуля и Ленца.

ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.

Термоэлектронная эмиссия.

Электронно-лучевая трубка.

Зависимость сопротивления металлических проводников от температуры.

Ионизация газов.

Дуговой разряд.

Искровой разряд.

Коронный разряд.

Тлеющий разряд.

Сравнение электропроводности воды и растворов соли и кислоты.

Электролиз медного купороса.

Зависимость электропроводности полупроводников от температуры.

Зависимость электропроводности полупроводников от освещённости.

Электронная и дырочная электропроводность полупроводников.

Односторонняя электропроводность полупроводникового диода.

Выпрямление переменного тока полупроводниковым диодом.

Действие полупроводникового фотоэлемента.

Электронно-дырочные переходы транзистора.

Ключевой режим работы транзистора.

Лабораторные работы и опыты

Определение кулоновской силы.

Определение длины и диаметра медной проволоки.

Проверка закона Ома для полной цепи.

Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока.

Снятие вольт-амперной характеристики лампы накаливания.

Определение заряда электрона.

Изучение полупроводникового диода.

Раздел 3. Основы магнетизма (8 часов)

Магнитное взаимодействие. Вектор магнитной индукции. Силовые линии магнитного поля. Ферромагнетики. Сила, действующая на движущийся электрический заряд в магнитном поле. Практическое применение силы Лоренца. Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле. Практическое применение силы Ампера.

Демонстрации

Магнитное взаимодействие параллельных проводников с током.

Взаимодействие постоянных магнитов.

Действие магнитного поля проводника с током на магнитную стрелку.

Силовые линии магнитного поля.

Усиление магнитного поля соленоида введением железного сердечника.

Модель доменной структуры ферромагнетиков.

Точка Кюри.

Сила Лоренца.

Сила Ампера.

Электроизмерительные приборы магнитоэлектрической системы.

Электродвигатель постоянного тока.

Громкоговоритель.

Лабораторные работы и опыты

Изучение магнитного поля.

Изучение силы Ампера и определение магнитной индукции постоянного магнита.

Резерв (2 часа)

11-й КЛАСС (70 ч., 2 ч. в неделю)

Раздел 1. Электромагнитные колебания и волны (24 часа)

Явление электромагнитной индукции. Магнитный поток. Закон электромагнитной индукции. Индуктивность. Явление самоиндукции. Энергия магнитного поля. Свободные электромагнитные колебания в колебательном контуре. Основные характеристики колебаний. Формула Томсона. Свободные механические колебания. Гармонический характер малых свободных колебаний. Вынужденные электромагнитные колебания – переменный ток. Действующее значение силы тока и напряжения. Производство, трансформация и передача электроэнергии. Трёхфазный ток. Вынужденные механические колебания. Резистор, конденсатор, катушка индуктивности в цепи переменного тока. Явление резонанса в электрических и механических колебательных системах.

Волны, типы волн, скорость волн. Волновые явления. Поляризация волн. Зависимость энергии электромагнитной волны от частоты колебаний. Принцип радиосвязи. Распространение радиоволн. Радиолокация.

Демонстрации

Явление электромагнитной индукции.

Правило Ленца.

Возникновение вихревых токов и принцип действия тахометра.

Самоиндукция при замыкании и размыкании цепи.

Использование самоиндукции для зажигания люминесцентной лампы.

Свободные электромагнитные колебания.

Однофазный ток.

Модель индукционного генератора.

Трансформатор.

Модель линии электропередач.

Трёхфазный ток.
Ёмкостное сопротивление.
Индуктивное сопротивление.
Вынужденные механические колебания.
Резонанс в механической колебательной системе.
Электрический резонанс.
Волновая машина: образование и распространение продольных и поперечных волн.
Электромагнитные волны, волновые явления.
Модуляция.
Детектирование.
Детекторный радиоприёмник.
Лабораторные работы и опыты
Проверка закона электромагнитной индукции и правила Ленца.
Изучение колебаний тела, плавающего в жидкости.

Раздел 2. Геометрическая и волновая оптика (16 часов)

Электромагнитная природа света. Шкала электромагнитных излучений. Геометрическая оптика. Прямолинейное распространение света. Закон прямолинейного распространения света. Отражение света. Закон отражения света. Плоское зеркало. Преломление света. Закон преломления света. Полное отражение. Собирающие и рассеивающие линзы. Фокус линзы, оптическая сила линзы. Изображение, даваемое линзой. Формула линзы. Глаз. Очки.

Явление дисперсии света, радуга. Рассеяние света. Поляризация света, поляроиды. Опыт Юнга. Интерференция света в природе и технике. Явление дифракции света. Дифракционная решётка.

Демонстрации

Источники света.
Прямолинейное распространение света.
Закон отражения света.
Изображение в плоском зеркале.
Преломление света.
Полное отражение света.
Ход лучей в собирающей линзе.
Ход лучей в рассеивающей линзе.
Получение изображений с помощью линз.
Модель глаза.
Очки.
Дисперсия белого света.
Получение белого света при сложении света разных цветов.
Рассеяние света.
Поляризация света.
Интерференция света.
Дифракция света.
Дифракционная решётка.
Лабораторные работы и опыты
Определение абсолютного показателя преломления стекла.
Определение разрешающей способности глаза.
Определение фокусного расстояния и оптической силы собирающей линзы.
Наблюдение интерференции света.
Наблюдение дифракции света.

Раздел 3. Элементы теории относительности и квантовой физики (16 часов)

Принцип относительности в классической механике. Постулаты специальной теории относительности и их экспериментальное обоснование. Релятивистские эффекты. Релятивистский закон сложения скоростей. Импульс и энергия в СТО. Энергия покоя. Возникновение квантовой физики. Гипотеза М. Планка. Энергия и импульс фотона. Корпускулярно – волновой дуализм. Строение атома. Квантовая теория Н. Бора. Линейчатые спектры. Спектральный анализ. Давление света. Явление фотоэффекта. Лазер. Протонно-нейтронная модель атомного ядра. Изотопы. Явление радиоактивности. Закон радиоактивного распада. Период полураспада. Влияние радиоактивных излучений на живые организмы. Ядерные силы. Энергия связи ядра. Удельная энергия связи ядра. Ядерные реакции. Деление урана. Ядерный реактор. Термоядерные реакции. Методы регистрации частиц (камера Вильсона, счётчик Гейгера). Дозиметрия. Современные детекторы частиц. Взаимные превращения элементарных частиц. Античастицы. Фундаментальные взаимодействия и классификация элементарных частиц. Стандартная модель.

Демонстрации

Наблюдение линейчатых спектров.

Внешний фотоэффект.

Камера Вильсона.

Фотографии треков заряженных частиц.

Счётчик ионизирующих частиц.

Измерение естественного радиоактивного фона дозиметром.

Лабораторные работы и опыты

Моделирование процесса радиоактивного распада.

Изучение треков заряженных частиц по готовым фотографиям.

Раздел 4. Основы астрофизики (10 часов)

Космология и её теоретический базис. Основные свойства Вселенной. Закон Хаббла. Модель горячей Вселенной. Сценарии эволюции Вселенной. Галактики: типы галактик, их общая характеристика. Наша Галактика – Млечный Путь. Чёрные дыры. Скрытая масса. Основные характеристики звёзд. Эволюция звёзд. Переменные звёзды. Происхождение и эволюция Солнечной системы. Земля и Луна. Планеты Солнечной системы. Законы движения планет. Суточное и сезонное изменение вида звёздного неба.

Резерв (4 часа)

Примерное тематическое планирование и виды деятельности учащихся¹

Описание учебно-методического и материально-технического обеспечения образовательного процесса по предмету «Физика»

Для реализации целей и задач обучения физике по данной программе используется УМК по физике Образовательной системы «Школа 2100».

¹ Планирование уроков в 10–11 кл. и другие методические материалы можно найти на сайте: www.school2100.ru.

Обучение ведётся в кабинете физики, оснащённом в соответствии с типовым перечнем оборудования¹, что позволяет выполнить практическую часть программы (демонстрационные эксперименты, фронтальные опыты, лабораторные работы), а также организовать учебные занятия в интерактивной форме.

¹ См.: Демидова М.Ю., Коровин В.А. Методический справочник учителя физики. – М., Мнемозина, 2003.

**Примерное тематическое планирование
и основные виды деятельности курса «Физика»
10 класс (базовый уровень)**

Тема урока	Кол-во часов	Использование элементов УМК	Основные виды учебной деятельности учащихся: (Н) – на необходимом уровне, (П) – на повышенном уровне, (М) – на максимальном уровне
Введение (4 часа)			
Физика – наука о природе	2	§ 1	<u>Характеризовать</u> место и роль физики в ряду других естественных наук (Н). <u>Различать</u> научные методы познания природы (Н). <u>Характеризовать</u> модельный метод познания (П)
Измерения в физике. Лабораторная работа «Определение времени двигательной реакции»	2	§ 2	<u>Определять</u> время двигательной реакции (Н). <u>Проводить</u> расчёт абсолютной и относительной погрешности измерений по предъявленному алгоритму (П). <u>Иметь</u> навыки обработки результатов измерений (М)
Молекулярная физика (26 часов)			
Основные положения молекулярно-кинетической теории	2	§ 3	<u>Характеризовать</u> основные положения молекулярно-кинетической теории, атомно-молекулярное строение вещества для трёх состояний вещества (Н).
Молекулярно-кинетическая теория идеального газа. Температура	2	§ 4	<u>Использовать</u> модель идеального газа для объяснения свойств разреженных газов и зависимости давления идеального газа от его концентрации и средней кинетической энергии поступательного движения молекул газа (П). <u>Характеризовать</u> распределение молекул по энергиям и изменение вида зависимости при изменении абсолютной температуры газа (М). <u>Разрешать</u> учебную проблему при установлении функциональной зависимости давления идеального газа от его концентрации и средней кинетической энергии поступательного движения молекул газа (М)

Тема урока	Кол-во часов	Использование элементов УМК	Основные виды учебной деятельности учащихся: (Н) – на необходимом уровне, (П) – на повышенном уровне, (М) – на максимальном уровне
Уравнение состояния идеального газа	2	§ 5	<u>Характеризовать</u> зависимость давления газа от его температуры и объёма, измерять температуру, давление, объём (Н).
Лабораторная работа «Изучение изобарного процесса»	2	§ 6	<u>Использовать</u> экспериментальный метод изучения зависимости объёма газа от температуры при постоянном давлении и оценивать абсолютную и относительную погрешность измерений, действуя по предложенному алгоритму (П)
Повторение. Самостоятельная работа по теме «МКТ идеального газа»	2		
Реальные газы. Влажность воздуха. Кипение. Практическая работа «Измерение относительной влажности воздуха»	2	§ 7	<u>Характеризовать</u> взаимосвязь характера теплового движения частиц вещества и свойств вещества (Н). <u>Пользоваться</u> измерительными приборами, проводить измерение температуры и определение относительной влажности (Н). <u>Разрешать</u> самостоятельно учебную проблему при анализе зависимости температуры кипения жидкости от внешнего давления (П). <u>Устанавливать</u> границы применения модельных представлений (на примере анализа понятия критической температуры) (М)
Поверхностное натяжение. Лабораторная работа «Определение поверхностного натяжения»	2	§ 8	<u>Применять</u> полученные знания о явлении поверхностного натяжения, о смачивании и несмачивании на уроках и в жизни (Н). <u>Использовать</u> экспериментальный метод определения поверхностного натяжения и оценивать абсолютную и относительную погрешность измерений, действуя по предложенному алгоритму (П)

Тема урока	Кол-во часов	Использование элементов УМК	Основные виды учебной деятельности учащихся: (Н) – на необходимом уровне, (П) – на повышенном уровне, (М) – на максимальном уровне
Твёрдые тела. Лабораторная работа «Наблюдение процесса роста кристаллов»	2	§ 9	<u>Использовать</u> модель кристаллической решётки для объяснения свойств твёрдых тел (Н). <u>Применять</u> полученные знания об упругих свойствах твёрдых тел на уроках и в жизни (Н).
Упругие свойства твёрдых тел. Лабораторная работа «Определение предела прочности металла»	2	§ 10	<u>Характеризовать</u> зависимость свойств кристаллов от наличия дефектов в них (П). <u>Разрешать</u> учебную проблему при анализе влияния механической обработки на упругие свойства металла (М)
Первый закон термодинамики	2	§ 11	<u>Характеризовать</u> понятие внутренней энергии и способы её изменения (Н).
Решение задач по теме «Первый закон термодинамики». Лабораторная работа «Определение удельной теплоты плавления льда»	2	§ 12	<u>Использовать</u> закон сохранения энергии для анализа термодинамических процессов (П). <u>Использовать</u> молекулярно-кинетические представления при анализе процесса адиабатного сжатия и расширения (М)
Второй закон термодинамики	2	§ 13	<u>Различать</u> статистические закономерности, которым подчиняются тепловые процессы (Н). <u>Излагать</u> научную точку зрения по вопросу о принципиальной схеме работы тепловых двигателей и экологических проблемах, обусловленных их применением (Н). <u>Разрешать</u> учебную проблему при анализе влияния тепловых двигателей на окружающую среду (П). <u>Характеризовать</u> необратимость термодинамических процессов как следствие подавляющей вероятности протекания процессов, направленных на установление теплового равновесия (М)
Выполнение теста по разделу «Молекулярная физика». Зачёт по разделу «Молекулярная физика»	2		<u>Применять</u> полученные знания и умения на уроках (Н) и в жизни (П)

Тема урока	Кол-во часов	Использование элементов УМК	Основные виды учебной деятельности учащихся: (Н) – на необходимом уровне, (П) – на повышенном уровне, (М) – на максимальном уровне
Электрические явления (30 часов)			
Электрическое поле	2	§ 14	<u>Использовать</u> понятие об электрическом поле для объяснения соответствующих физических процессов (Н). <u>Использовать</u> обобщённые планы построения ответов для понятий напряжённости, потенциала электрического поля (Н).
Решение задач по теме «Характеристики электрического поля»	2	§ 15	
Закон Кулона. Лабораторная работа «Определение кулоновской силы»	2	§ 16	<u>Применять</u> полученные знания о свойствах конденсаторов на уроках и в жизни (Н). <u>Характеризовать</u> закон Кулона по обобщённому плану (П). <u>Применять</u> теоретический метод для анализа связи напряжённости и разности потенциалов электрического поля (М)
Конденсаторы	2	§ 17	
Повторение изученного материала. Самостоятельная работа по теме «Электрическое поле»	2		
Постоянный электрический ток	2	§ 18	<u>Характеризовать</u> понятие «электрический ток», сопротивление, электрическая мощность (Н). <u>Применять</u> полученные знания для решения практической задачи определения параметров проводника (П)
Электрическое сопротивление. Лабораторная работа «Определение длины и диаметра медной проволоки»	2	§ 19	
Закон Ома для полной цепи. Лабораторная работа «Проверка закона Ома для полной цепи»	2	§ 20	<u>Использовать</u> обобщённый план построения ответа для понятия ЭДС (Н). <u>Сравнивать</u> понятия ЭДС и «электрическое напряжение» (Н). <u>Пользоваться</u> измерительными приборами (амперметр, вольтметр) (Н). <u>Применять</u> полученные знания для решения практической задачи измерения ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока (П).
Лабораторная работа «Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока»	2	§ 21	
Повторение изученного материала. Самостоятельная работа по теме «Электрический ток»	2		<u>Использовать</u> экспериментальный метод для проверки существующей зависимости физических величин (П). <u>Разрешать</u> учебную проблему при рассмотрении вопроса о недостаточности только электрических сил для поддержания постоянного электрического тока в замкнутой цепи (М)

Тема урока	Кол-во часов	Использование элементов УМК	Основные виды учебной деятельности учащихся: (Н) – на необходимом уровне, (П) – на повышенном уровне, (М) – на максимальном уровне
Ток через вакуум. Ток в металлах. Лабораторная работа «Снятие вольт-амперной характеристики лампы накаливания»	2	§ 22, § 23	<u>Характеризовать</u> процессы, сопровождающие прохождение электрического тока в различных средах (металлах, электролитах, газах) (Н). <u>Пользоваться</u> измерительными приборами и проводить наблюдение процесса электролиза (Н).
Ток в газах. Ток в электролитах. Лабораторная работа «Определение заряда электрона»	2	§ 24, § 25	<u>Применять</u> полученные знания при решении практической задачи защиты от атмосферных электрических разрядов (Н). <u>Оценивать</u> абсолютную и относительную погрешность измерений, действуя по предложенному алгоритму (П). <u>Разрешать</u> учебную проблему при анализе причин возникновения газового разряда (П). <u>Разрешать</u> учебную проблему при изучении вольт-амперной характеристики лампы накаливания (М)
Полупроводники	2	§ 26	<u>Характеризовать</u> механизмы электропроводности в полупроводниках (Н).
p–n-переход. Практическая работа «Изучение полупроводникового диода»	2	§ 27	<u>Пользоваться</u> электроизмерительными приборами при наблюдении односторонней проводимости полупроводникового диода (Н). <u>Применять</u> знания основ зонной теории при обосновании особенностей электропроводности чистых и примесных полупроводников (П). <u>Характеризовать</u> принцип действия и применение полупроводникового фотоэлемента, транзистора (М)
Выполнение теста по разделу «Электрические явления». Зачёт по разделу «Электрические явления»	2		<u>Применять</u> полученные знания и умения на уроках (Н) и в жизни (П)

Тема урока	Кол-во часов	Использование элементов УМК	Основные виды учебной деятельности учащихся: (Н) – на необходимом уровне, (П) – на повышенном уровне, (М) – на максимальном уровне
Основы магнетизма (8 часов)			
Магнитное поле. Лабораторная работа «Изучение магнитного поля»	2	§ 28	<u>Применять</u> понятие о магнитном поле для объяснения соответствующих физических процессов (Н).
Сила Лоренца	2	§ 29	<u>Пользоваться</u> электроизмерительными приборами и проводить наблюдение взаимодействия катушки с током и постоянного магнита, действия магнитного поля постоянного магнита на проводник с током.
Сила Ампера. Лабораторная работа «Изучение силы Ампера и определение магнитной индукции постоянного магнита»	2	§ 30	<u>Разрешать</u> учебную проблему при рассмотрении взаимодействия проводника с магнитным полем (П). <u>Применять</u> полученные знания и умения на уроках (Н) и в жизни (П) при использовании ферромагнитных материалов, электромагнитов, микроэлектродвигателей, громкоговорителей
Повторение изученного материала. Самостоятельная работа по теме «Основы магнетизма»	2		<u>Применять</u> полученные знания и умения на уроках (Н) и в жизни (П)
Резерв (2 часа)			

**Примерное тематическое планирование
и основные виды деятельности курса «Физика»
11 класс (базовый уровень)**

Тема урока	Кол-во часов	Использование элементов УМК	Основные виды учебной деятельности учащихся: (Н) – на необходимом уровне, (П) – на повышенном уровне, (М) – на максимальном уровне
Электромагнитные колебания и волны (24 часа)			
Явление электромагнитной индукции	2	§ 1	<u>Использовать</u> обобщённый план построения ответа для описания явления электромагнитной индукции и явления самоиндукции (Н).
Явление самоиндукции	2	§ 2	<u>Пользоваться</u> электроизмерительными приборами для наблюдения явления электромагнитной индукции (Н). <u>Разрешать</u> учебную проблему при анализе процессов, происходящих при размыкании электрической цепи, содержащей катушку с железным сердечником (П). <u>Использовать</u> метод аналогии для анализа явления самоиндукции (П). <u>Применять</u> полученные знания для учёта влияния индуктивности на процессы установления и прекращения тока в электрической цепи постоянного тока (М)
Свободные колебания	2	§ 3	<u>Характеризовать</u> основные особенности свободных колебательных процессов различной природы (Н).
Решение расчётных и экспериментальных задач по теме «Свободные колебания». Лабораторная работа «Изучение колебаний тела, плавающего в жидкости»	2	§ 4	<u>Применять</u> полученные знания для измерения периода и частоты колебаний различных колебательных систем (Н). <u>Разрешать</u> учебную проблему при анализе процессов, происходящих в свободном колебательном контуре (П)
Повторение материала. Самостоятельная работа по теме «Свободные колебания»	2		

Тема урока	Кол-во часов	Использование элементов УМК	Основные виды учебной деятельности учащихся: (Н) – на необходимом уровне, (П) – на повышенном уровне, (М) – на максимальном уровне
Вынужденные колебания	2	§ 5	<u>Характеризовать</u> физические процессы, протекающие на резистивном, ёмкостном и индуктивном участках цепи переменного тока (Н).
Резистор, конденсатор, катушка индуктивности в цепи переменного тока	2	§ 6	<u>Разрешать</u> учебную проблему при изучении цепи переменного тока, содержащей конденсатор или катушку индуктивности, при изучении зависимости силы тока в цепи переменного тока от его частоты.
Повторение материала. Самостоятельная работа по теме «Вынужденные колебания»	2		<u>Применять</u> знания о расчёте электрической мощности, о цепи трёхфазного тока, о значениях линейного и фазного напряжений для решения вопроса об использовании тех или иных потребителей электроэнергии (М)
Волны	2	§ 7	<u>Характеризовать</u> основные особенности волновых процессов различной природы (Н).
Практическое применение электромагнитных волн	2	§ 8	<u>Разрешать</u> учебную проблему и развивать критичность мышления при анализе необходимости осуществления процессов модуляции и детектирования при радиотелефонной связи (П).
Повторение и обобщение изученного материала	2		<u>Применять</u> полученные знания для анализа возможности практического применения определённого диапазона радиоволн (М)
Выполнение теста по разделу «Электромагнитные колебания и волны». Зачёт по разделу «Электромагнитные колебания и волны»	2		<u>Применять</u> полученные знания и умения на уроках (Н) и в жизни (П)

Тема урока	Кол-во часов	Использование элементов УМК	Основные виды учебной деятельности учащихся: (Н) – на необходимом уровне, (П) – на повышенном уровне, (М) – на максимальном уровне
Геометрическая и волновая оптика (16 часов)			
Законы геометрической оптики	2	§ 9	<u>Характеризовать</u> законы геометрической оптики (Н).
Линзы: их свойства и применение	2	§ 10	<u>Применять</u> полученные знания для определения абсолютного показателя преломления, разрешающей способности глаза, фокусного расстояния и оптической силы линзы (Н) и оценивать абсолютную и относительную погрешность измерений, действуя по предложенному алгоритму (П).
Решение расчётных и экспериментальных задач по теме «Геометрическая оптика»	2	§ 11	<u>Применять</u> полученные знания по геометрической оптике с целью сохранения качества зрения и практического применения зеркал, линз, оптических приборов (фотоаппарат, очки, микроскоп) (Н).
Повторение материала. Самостоятельная работа по теме «Геометрическая оптика»	2		<u>Разрешать</u> учебную проблему при рассмотрении отражения света от шероховатой поверхности (Н). <u>Разрешать</u> учебную проблему при изучении зависимости свойств линз от формы их преломляющих поверхностей (П). <u>Использовать</u> метод аналогии для анализа явления преломления (М)
Дисперсия света. Поляризация света	2	§ 12, § 13	<u>Характеризовать</u> волновой характер распространения света (явления интерференции, дифракции и поляризации света).
Интерференция света	2	§ 14	<u>Разрешать</u> учебную проблему при изучении явления рассеяния света, явления поляризации света (П).
Дифракция света	2	§ 15	<u>Применять</u> полученные знания по волновой оптике с целью объяснения природных оптических явлений (радуга, рассеяние света, образование цвета при интерференции, дифракционные максимумы) (П)

Тема урока	Кол-во часов	Использование элементов УМК	Основные виды учебной деятельности учащихся: (Н) – на необходимом уровне, (П) – на повышенном уровне, (М) – на максимальном уровне
Выполнение теста по разделу «Геометрическая и волновая оптика». Зачёт по разделу «Геометрическая и волновая оптика»	2		<u>Применять</u> полученные знания и умения на уроках (Н) и в жизни (П)
Элементы теории относительности и квантовой физики (16 часов)			
Постулаты специальной теории относительности	2	§ 16	<u>Характеризовать</u> постулаты теории относительности и экспериментальные факты, их подтверждающие (Н).
Основы релятивистской динамики	2	§ 17	<u>Применять</u> полученные знания к рассмотрению вопроса о границах применимости классических физических представлений и их изменений при релятивистских скоростях (П)
Элементы квантовой физики	2	§ 18	<u>Характеризовать</u> ряд положений квантовой физики (гипотеза М. Планка, модель атома Н. Бора) (Н). <u>Использовать</u> обобщённый план построения ответа для описания явления фотоэффекта (Н). <u>Применять</u> полученные знания к рассмотрению вопроса о границах применимости классических физических представлений и их изменений для случая микромира (П)
Ядро атома. Радиоактивность	2	§ 19	<u>Характеризовать</u> модель ядра атома, явление радиоактивности (Н).
Ядерная энергия и ядерная энергетика	2	§ 20	<u>Пользоваться</u> дозиметром и судить о влиянии радиоактивного излучения на живые организмы, о приёмах защиты от излучения (Н). <u>Разрешать</u> учебную проблему при объяснении факта существования изотопов (Н), положительного энергетического выхода реакции деления урана и термоядерного синтеза (П)

Тема урока	Кол-во часов	Использование элементов УМК	Основные виды учебной деятельности учащихся: (Н) – на необходимом уровне, (П) – на повышенном уровне, (М) – на максимальном уровне
Детекторы частиц	2	§ 21	<u>Характеризовать</u> методы регистрации элементарных частиц и их основные свойства (Н). <u>Сравнивать</u> свойства различных элементарных частиц (Н). <u>Использовать</u> готовые фотографии треков заряженных частиц для определения их характеристик (П). <u>Оперировать</u> сведениями о фундаментальных взаимодействиях и классификации элементарных частиц, основанной на их участии (неучастии) в определённых видах фундаментальных взаимодействий (М)
Элементарные частицы и фундаментальные взаимодействия	2	§ 22	
Выполнение теста по разделу «Элементы теории относительности и квантовой физики». Зачёт по разделу «Элементы теории относительности и квантовой физики»	2		<u>Применять</u> полученные знания и умения на уроках (Н) и в жизни (П)
Основы астрофизики (10 часов)			
Происхождение и эволюция Вселенной	2	§ 23	<u>Характеризовать</u> основные свойства Вселенной и важнейшие объекты, её составляющие, а также пути их эволюции (Н). <u>Оперировать</u> пространственно-временными масштабами Вселенной, галактик, сведениями о строении звёзд, Солнечной системы и представлениями об их формировании (Н). <u>Применять</u> полученные знания по наблюдательной астрономии для ориентирования на местности (Н). <u>Разрешать</u> учебную проблему при анализе проблемы обнаружения чёрных дыр, переменности двойных звёзд, видимого петлеобразного движения планет Солнечной системы по небесной сфере (П)
Галактики	2	§ 24	
Звёзды	2	§ 25	

Тема урока	Кол-во часов	Использование элементов УМК	Основные виды учебной деятельности учащихся: (Н) – на необходимом уровне, (П) – на повышенном уровне, (М) – на максимальном уровне
Солнечная система	2	§ 26	Применять полученные знания и умения на уроках (Н) и в жизни (П)
Зачёт по разделу «Основы астрофизики»	2		
Резерв (4 часа)			

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К РАЗДЕЛАМ УЧЕБНИКА

10 КЛАСС

Введение в курс физики 10-го и 11-го классов

На введение в курс физики 10-го и 11-го классов программой и поурочным планированием отведено 4 часа (2 занятия). Здесь обсуждается, каково место науки в человеческом обществе, как связаны между собой физика и другие науки, какие основные естественнонаучные методы составляют арсенал средств изучения природы современной наукой. Рассматривается вопрос о том, как проводятся измерения и какова процедура обработки результатов измерения.

На **первом занятии** учеников знакомят с целями и задачами изучения курса физики в 10-м и 11-м классах на базовом уровне. Отмечают, что помимо личностных результатов изучения физики, указанных в вводной статье учебника «Обращение к ученику», и формирования на уроках физики умений, необходимых всем и всегда, – универсальных учебных действий (регулятивных, познавательных, коммуникативных) планируются и определённые предметные результаты. Однако предметные результаты изучения курса физики на базовом уровне ориентированы на обеспечение преимущественно общеобразовательной и общекультурной подготовки, т.е. востребованы всеми и всегда. Учеников знакомят со структурой курса физики, которая нашла отражение в содержании учебника и тематической тетради.

Переходя далее непосредственно к теме занятия, определяют, что такое наука, на какие группы подразделяют научные дисциплины и что изучает физика. Эта работа может быть организована как работа с текстом § 1 учебника «Физика» для 10 класса в рамках технологии продуктивного чтения.

При рассмотрении вопроса о связи физики с другими естественными науками можно посоветовать учителю обратиться к соответствующей главе Фейнмановских лекций по физике, которую автор курса завершает словами: «Поэт сказал однажды: "Весь мир в бокале вина". Мы, вероятно, никогда не поймём, какой смысл он в это вкладывал, ибо поэты пишут не для того, чтобы быть понятыми. Но бесспорно, что, взглянув в бокал вина, мы поистине откроем целый мир. В нём и физические явления (искрящаяся жидкость, испарение, меняющееся в зависимости от погоды и вашего дыхания, блеск стекла) и атомы (о которых нам говорит уже наше воображение). Стекло – это очищенная горная порода; в его составе кроются секреты возраста Вселенной и развития звёзд. А из какого удивительного набора реактивов состоит это вино! Как они возникли? Там есть закваска, ферменты, вытяжки и разные другие продукты. Ведь в вине скрывается большое обобщение: вся жизнь есть брожение. Изучая химию вина, нельзя не открыть, как это и сделал Луи Пастер, причины многих болезней. Сколько жизней в этом кларете, если оно навязывает нашему сознанию свой дух, если мы должны быть столь осторожны с ним! Наш ограниченный ум для удобства делит этот бокал вина, этот мир на части: физику, биологию, геологию, астрономию, психологию и т.д., но ведь природа на самом деле никакого деления не знает! Давайте же и мы сольём это воедино, не забывая всё же, что

мы увидели. Пусть этот бокал вина доставит напоследок ещё одно наслаждение: выпить его и обо всём позабыть!»¹

Переходя далее к рассмотрению научных методов познания природы, необходимо ещё раз отметить, что

– «Всё, что мы знаем о реальности, исходит из опыта и завершается им» (А. Эйнштейн);

– «Верховным судьёй всякой физической теории является опыт» (Л. Д. Ландау);

– «Принцип науки, почти что её определение, состоит в следующем: *пробный камень всех наших знаний – это опыт*. Опыт, эксперимент – это *единственный судья* научной истины» (Р. Фейнман).

Подчёркивая роль экспериментального метода в естественных науках, Фейнман, с присущей ему афористичностью, писал: «Математика, с нашей точки зрения, не наука в том смысле, что она не относится к *естественным* наукам. Ведь мерило её справедливости отнюдь не опыт. Кстати, не всё то, что не наука, уже обязательно плохо. Любовь, например, тоже не наука. Словом, когда какую-нибудь вещь называют не наукой, это не значит, что с ней что-то неладно: просто не наука, и всё»².

Известный физик-теоретик А. Б. Мигдал отмечал, что имеется безусловный критерий, по которому различаются научные и ненаучные вопросы. Вненаучными являются все те утверждения, которые не допускают хотя бы принципиальной проверки. Этот критерий называется принципом наблюдаемости. Имеется в виду не обязательно реальная, а хотя бы мысленная возможность проверки. «Хорошим поясняющим примером является концепция Бога. Если Бог представляется как субстанция духовная, не влияющая на законы природы, то его существование не проявляется в виде наблюдаемых соотношений между какими-либо величинами, следовательно, такой Бог согласно принципу наблюдаемости является понятием вненаучным. Однако, если Бог – материальная сила, влияющая на законы природы, то этот вопрос относится к ведомству науки. Учёный только может сказать, что нет никаких экспериментальных данных, требующих введения этого понятия, – все известные законы природы удалось объяснить без введения каких-либо посторонних воздействий»³.

Следует также отметить роль моделирования в физике. «Математическое или компьютерное моделирование представляет собой мощный исследовательский инструмент. Физики могут досконально исследовать хорошую компьютерную модель какого-либо явления или процесса, найти новые особенности. По результатам теоретических расчётов выбирается из возможных многочисленных вариантов самый подходящий эксперимент. Современная экспериментальная физика использует очень сложную и дорогостоящую аппаратуру и поэтому качественные теоретические исследования и моделирование позволяют избежать пустых затрат времени и ресурсов на неудачные эксперименты»⁴.

¹ Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Вып. I. Современная наука о природе. Законы механики [Текст]. – М. : Мир, 1965. – С. 70.

² Там же, с. 55.

³ Мигдал А. Б. Поиски истины (заметки о научном творчестве) [Текст]. – М. : Знание, 1978. – С. 18.

⁴ Сорокин А. В. Физика: наблюдение, эксперимент, моделирование. Элективный курс: Учебное пособие [Текст]. Торгашина Р. Г., Ходос Е. А., Чиганов А. С. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – С. 24.

На **втором занятии** ученикам напоминают, что такое прямые и косвенные измерения, как рассчитываются погрешности измерений. Ученикам напоминают, что в *случае прямого измерения* результирующая абсолютная погрешность физической величины ΔA определяется как сумма случайной $\Delta A_{случ}$ и систематической $\Delta A_{сист}$ погрешностей:

$$\Delta A = \Delta A_{случ} + \Delta A_{сист}.$$

Отметим, что мерой случайной погрешности служит среднее квадратичное отклонение $\Delta A_{кв}$, которое вычисляется по формуле

$$\Delta A_{кв} = \sqrt{\frac{(A_1 - \bar{A})^2 + (A_2 - \bar{A})^2 + \dots + (A_n - \bar{A})^2}{n}},$$

где n – число измерений.

В теории случайных погрешностей доказывается, что граница случайной погрешности среднего арифметического, полученного в серии из n опытов, определяется выражением

$$\Delta A_{случ} = \frac{3\Delta A_{кв}}{\sqrt{n}}.$$

В упрощённом варианте, как это и предлагается делать в § 2 учебника, случайная абсолютная погрешность $\Delta A_{случ}$ может быть вычислена по формуле

$$\Delta A_{случ} = \frac{|A_1 - \bar{A}| + |A_2 - \bar{A}| + \dots + |A_n - \bar{A}|}{n}.$$

При расчёте систематической погрешности $\Delta A_{сист}$ необходимо учитывать класс точности прибора, но «в первом приближении» предлагается считать её равной половине цены деления шкалы измерительного прибора.

Далее учащихся знакомят с алгоритмом вычисления погрешности измерения *в случае косвенных измерений*. Ещё раз подчеркнём: формулы для вычисления относительной погрешности косвенных измерений, приведённые в таблице 1 учебника «Физика», 10 класс, как и сам алгоритм расчёта погрешности косвенных измерений, не предназначены для запоминания учениками. К этому алгоритму ученикам следует обращаться по мере надобности при выполнении лабораторных работ.

Для освоения алгоритма в § 2 учебника подробно рассмотрены два примера, которые могут быть проанализированы учениками самостоятельно либо под руководством учителя.

В заключительной части занятия ученики выполняют лабораторную работу «Определение времени двигательной реакции». Лабораторная работа состоит из 3 заданий, причём последнее из них, где предлагается сравнить время двигательной реакции правой и левой руки, отчасти является проблемным. Дополнительно можно предложить ученикам в домашних условиях протестировать на время реакции своих близких, а также выяснить, как влияет на время реакции наличие сопутствующих раздражителей – шумовых и (или) световых сигналов, состояние утомления испытуемого и так далее.

Раздел 1. Молекулярная физика

На раздел «Молекулярная физика» программой и поурочным планированием отведено 26 часов (13 занятий). В данном разделе можно выделить три основные группы вопросов:

1. Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ). Анализ простейшей физической модели – модели идеального газа, что позволяет установить теоретическую зависимость давления газа от средней кинетической энергии поступательного движения молекул идеального газа. Далее в рамках уравнения состояния идеального газа осуществляется экспериментальная проверка полученных теоретических результатов.

2. Рассмотрение свойств реальных газов, жидкостей и твёрдых тел на основе молекулярно-кинетических представлений. Изучение таких практически значимых физических понятий, как влажность воздуха, поверхностное натяжение, прочность твёрдых тел.

3. Изучение основных понятий термодинамики. Здесь происходит переход от рассмотрения динамических закономерностей, основанных на законах классической механики, к рассмотрению статистических закономерностей. Введение, даже качественное, понятия вероятности позволяет на достаточном (и одновременно доступном учащимся) научном уровне проанализировать вопрос о необратимости тепловых процессов.

Занятие «Основные положения молекулярно-кинетической теории» следует начать с анализа эпиграфа к § 3 учебника, где приведены слова Р. Фейнмана о значимости «атомной гипотезы», и продолжить цитату: «В одной этой фразе, как вы убедитесь, содержится невероятное количество информации о мире, стоит лишь приложить к ней немного воображения и чуть соображения»¹.

Следует обратить внимание учеников на рисунок 2 учебника, где изображён графен. Графен – двумерная аллотропная² модификация углерода, образованная слоем атомов углерода, которые образуют двумерную кристаллическую решётку. Графен впервые получен в 2004 году. Исследования показали, что этот материал обладает большой механической прочностью, высокой теплопроводностью, а максимальная подвижность электронов среди всех известных материалов делает весьма перспективным использование графена в наноэлектронике. В 2010 году учёным российского происхождения А. Гейму и К. Новосёлову (альма-матер – Московский физико-технический институт) была вручена Нобелевская премия по физике за передовые опыты с двумерным материалом – графеном.

¹ Заслуживает внимания, что выдающийся физик-теоретик на первое место ставит «немного воображения (интуиция учёного), а на второе место – «чуть соображения» (логическое мышление учёного).

² Аллотропия – существование одного и того же химического элемента в виде двух и более простых веществ, различных по строению и свойствам.

Далее с учащимися прорабатывают такие понятия, как моль, молярная масса. Решается ряд задач (соответствующие примеры задач приведены в § 3 учебника).

На занятии «Молекулярно-кинетическая теория идеального газа. Температура» особое внимание следует уделить рассмотрению модели идеального газа. Внимание учеников следует обратить на оценку расстояния между молекулами газа, находящегося при нормальных условиях. Приведённые в § 4 расчёты позволяют сделать вывод, что при нормальных условиях объём, в среднем приходящийся на одну молекулу, в 10^3 больше объёма самой молекулы. Таким образом приходят к модели идеального газа – системе из огромного числа молекул (материальных точек), которые непрерывно и хаотично движутся, не взаимодействуя с другими молекулами и стенками баллона, кроме моментов их упругих столкновений.

Далее вводится абсолютная шкала температур и постулируется прямо пропорциональная зависимость абсолютной температуры T от средней энергии поступательного движения молекул идеального газа \bar{E} , записывается формула

$$\bar{E} = \frac{3}{2}kT.$$

Проводится оценка величины среднеквадратичной скорости молекул азота, анализируется полученный результат.

Вопрос о распределении молекул по энергиям как о совершенно новом (во времена Максвелла) виде физического закона – статистическом законе – вынесен в дополнительный материал (уровень «макси»).

Вывод формулы, определяющей зависимость давления идеального газа от его концентрации, средней энергии поступательного движения молекул идеального газа, в учебнике не приводится, а ограничиваются только качественными рассуждениями.

Занятие по теме «Уравнение состояния идеального газа» позволяет «перекинуть мостик» от микропараметров, входящих в уравнение МКТ идеального газа

$$P = \frac{2}{3} n\bar{E},$$

к макропараметрам, составляющим уравнение состояния идеального газа

$$PV = \frac{m}{M} RT,$$

что позволяет осуществить его экспериментальную проверку (схема соответствующего опыта приведена на рисунках 5 и 6 учебника).

Переходя «от общего к частному», ученики знакомятся с понятием изопроцесса. Соответствующая работа с опорой на текст § 5 учебника и таблицу 3 ими может быть осуществлена самостоятельно, также как и анализ примеров решения задач по теме «Уравнение состояния идеального газа», рассмотренных в учебнике.

На следующем занятии – **лабораторной работе «Изучение изобарного процесса»** – проводится экспериментальная проверка молекулярно-кинетической теории идеального газа. В качестве основного элемента лабораторного оборудования при проведении работы используется гибкая пластиковая трубка от одноразовой медицинской «системы» для растворов. На одной стороне трубки располагается роликовый зажим, а противоположную часть трубки заплавляют. Сама лабораторная работа выполняется по описанию, составляющему содержание § 6 учебника.

При организации повторения изученного материала возможны различные формы активизации учебной деятельности учащихся (взаимоопрос, физический диктант, эстафета решения задач и т.д.). Может быть предложено решение экспериментальной задачи:

«Как, имея теплоприёмник и жидкостный манометр, определить изменение температуры ΔT воздуха внутри теплоприёмника?»

Используемое оборудование: водяной манометр с теплоприёмником, барометр и термометр. Решение задачи может быть следующим.

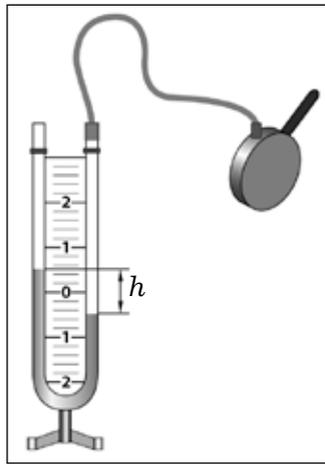


Рис. 3

Если воздух в теплоприёмнике каким-то образом будет прогрет и его температура изменится от T_0 до T , то уровень воды в левом колене манометра поднимется на h (рис. 3).

Из уравнения состояния идеального газа следует, что

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{(p_0 + \rho g h)(V_0 + \frac{sh}{2})}{T}, \text{ где}$$

p_0 – атмосферное давление;

V_0 – начальный объём воздуха в правой части установки (т.е. в правом колене трубки манометра и теплоприёмнике);

s – площадь поперечного сечения трубки манометра.

Очевидно, что

$$\frac{sh}{2} \ll V_0$$

(это легко обосновать), и тогда соотношение (1) принимает вид:

$$\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_0 + \rho g h}{T}.$$

Отсюда

$$T = T_0 \left(1 + \frac{\rho g h}{p_0} \right)$$

и

$$\Delta T = T_0 \frac{\rho g h}{p_0}.$$

Ознакомление учеников с подобным способом измерения температуры представляет определённый интерес хотя бы потому, что чувствительность такого прибора превосходит чувствительность демонстрационного термометра. Так, при $h = 1$ см изменение температуры ΔT , фиксируемое прибором, составляет 0,3 К.

При проведении **самостоятельной работы по теме «МКТ идеального газа»** могут быть предложены задачи из сборника «Физика. «Конструктор» самостоятельных и контрольных работ»¹.

Со следующего занятия «**Реальные газы. Влажность воздуха. Кипение**» учащиеся приступают к изучению реальных газов, жидкостей и

¹ Андрущечкин С.М., Слухаевский А.С. Физика. 10–11 классы. «Конструктор» самостоятельных и контрольных работ : пособие для учителей общеобразоват. учреждений [Текст]. – М. : Просвещение, 2010. – 191 с.

твёрдых тел, исходя из представлений молекулярно-кинетической теории. При рассмотрении «поведения» реальных газов выясняют, что на изотерме возникает горизонтальный участок *BC* (рис. 4), соответствующий одновременному сосуществованию жидкости и газа. Однако переход газа в жидкость возможен только в том случае, если потенциальная энергия взаимодействия молекул сверхплотного газа больше средней кинетической энергии молекул газа. Из этого соображения делается вывод: конденсация газа возможна только в том случае, когда температура газа ниже некоторой критической температуры («индивидуальной» для каждого газа).

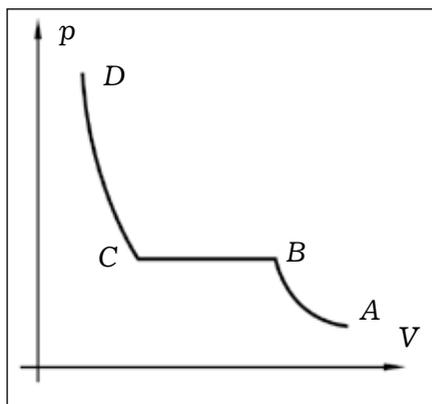


Рис. 4

Вопросы, связанные с рассмотрением свойств насыщенного пара, с понятием влажности воздуха, отчасти известны учащимся и не вызывают у них затруднений. Не вызывает затруднений и выполнение лабораторной работы «Измерение относительной влажности воздуха». Работа содержит три задания, причём последнее из них, где предлагается определить массу водяного пара в учебном кабинете и сравнить её с массой воздуха в кабинете, имеет проблемный характер.

Вопрос, связанный с зависимостью температуры кипения от внешнего давления, может стать основой интересного учебного проекта, например по теме «Физика гейзера».

Широко известны слова одного из основателей знаменитого Физтеха П.Л. Капицы: «Школьник понимает физический опыт только тогда хорошо, когда он его делает сам. Но ещё лучше он понимает его, если он сам делает прибор для эксперимента. Поэтому привлечение школьников к изготовлению приборов надо всячески приветствовать... надо стремиться показать физическое явление так, чтобы оно не было оторвано от жизни. Это позволит сделать для ученика очевидной связь между теорией и практикой ещё на школьной скамье и будет способствовать уничтожению самой большой болезни нашей учёбы – её абстрактности, когда знание существует само по себе, а жизнь идёт сама по себе»¹. Учебный проект по теме «Физика гейзера» является, по нашему мнению, удачным примером моделирования физических процессов, протекающих в природном объекте, и позволяет актуализировать теоретические знания учащихся. В частности, при выполнении проекта необходимо:

- рассчитать избыточное давление, создаваемое водяным столбом в модели гейзера;
- оценить, какова должна быть мощность электронагревательного элемента, используемого для повышения температуры воды;
- оценить коэффициент опустошения гейзера при его однократном извержении.

¹ Капица П.Л. Эксперимент. Теория. Практика [Текст]. – М. : Наука, 1977. – С. 182.

Ниже в качестве примера приводится текст данного учебного доклада.

Физика гейзера

Введение

Люди живут в мире тепловых явлений. Один из ярких примеров – тепловые процессы, происходящие в недрах Земли, которые проявляют себя в виде землетрясений, извержений вулканов, действия гейзеров. «Гейзер (исл., *geysir*, от *geysa* – хлынуть) – источник, периодически выбрасывающий фонтаны горячей воды и пара до высоты 20–40 м и более. Гейзеры – одно из проявлений поздних стадий вулканизма» [1, с. 282]. Они широко распространены в районах с активной вулканической деятельностью, где происходит интенсивный приток тепла из вулканического очага. До настоящего времени учёные не могут в полной мере спрогнозировать эту вулканическую деятельность, а потому является *актуальным* изучение и моделирование процессов, её сопровождающих. По этой причине *целью* данной работы является изучение физических процессов, происходящих в гейзере, и создание его физической модели. В работе ставились и решались следующие *задачи*:

1. Выяснить особенности кипения воды.
2. Провести анализ физических процессов, происходящих в гейзере.
3. Изготовить экспериментальную установку – модель гейзера, провести измерение температуры кипения воды и сравнить полученные результаты с теоретическими.

В соответствии с целью работы *объектом исследования* являются тепловые процессы, связанные с переходом вещества из жидкого в газообразное состояние, а *предметом* исследования – кипение воды при повышенном давлении. *Теоретическая значимость* работы заключается в том, что предложен способ расчёта, позволяющий оценить, какое количество воды превращается в пар при однократном извержении гейзера. Работа также имеет *практическое значение*, т.к. изготовлена установка (модель гейзера), которая позволяет демонстрировать зависимость температуры кипения воды от внешнего давления.

Основная часть

Гейзеры располагаются вблизи действующих или сравнительно недавно уснувших вулканов. Распространяющаяся от магматического очага теплота нагревает почти до кипения подземные воды, которые заполняют трещины и разломы вблизи земной поверхности (рис. 5). Меха-

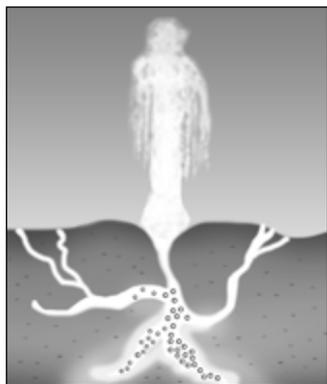


Рис. 5

низм действия гейзера впервые был объяснён в XIX веке Г. Бунзенем, который исследовал гейзеры в Исландии [2].

Напомним, в чём заключается процесс кипения жидкости и почему температура кипения воды зависит от внешнего давления. «В воде и на стенках сосуда всегда имеются пузырьки воздуха, часто настолько малые, что не видны глазом. На поверхности каждого пузырька непрерывно идёт испарение жидкости и конденсация пара. В результате пузырьки наполнены насыщенным паром» [3, с. 69]. При повышении температуры давление насыщенного пара возрастает. Как только давление пара в пузырьке

сравнивается с атмосферным давлением (и немного его превьсит), пузырёк начнёт увеличиваться в размере. При увеличении объёма пузырька увеличивается и действующая на него архимедова сила. Пузырёк отрывается от стенки сосуда и всплывает. Так происходит кипение.

Роль насыщенных паров в процессе кипения отчётливо проявляется при наблюдении пограничного кипения. Рассмотрим границу двух слоёв жидкости – воды и керосина. На границе раздела в пузырёк испаряется и вода, и керосин. В итоге в пузырьке давление равно сумме давлений воды и керосина:

$$p = p_{\text{нвод}} + p_{\text{нкер}}.$$

По этой причине кипение на границе начинается при более низкой температуре, чем температура кипения воды и температура кипения керосина. При опытном наблюдении такого явления пробирка была наполнена водой и керосином, затем её поместили в водяную баню, которая нагревалась на электроплитке. В опыте было отчётливо видно, что кипение начинается именно на границе раздела двух жидкостей.

Нормальное атмосферное давление составляет 101 300 Па. Такое давление насыщенный водяной пар имеет при температуре 100 °С. По этой причине при нормальном атмосферном давлении вода кипит именно при 100 °С. Если же внешнее давление на жидкость будет больше, то и давление насыщенного пара внутри пузырька тоже должно быть больше. Это достигается уже при более высокой температуре жидкости.

Вновь обратимся к гейзеру. Так как трубка гейзера наполнена водой, то температура кипения воды в гейзере будет больше 100 °С. Подробно происходящие в гейзере физические процессы изложены в книге А.В. Тарасова «Физика в природе» [4, с. 248–249]. Представим себе гейзерную трубку, наполненную горячей водой. По мере увеличения глубины воды давление в трубке растёт (оно складывается из атмосферного давления и давления столба воды). При этом везде по длине трубки температура воды оказывается немного ниже температуры кипения, соответствующей давлению на той или иной глубине. Предположим, что по одному из боковых протоков в трубку поступила порция пара. Пар вошёл в трубку на некоторой глубине и поднял воду вверх; при этом гидростатическое давление, производимое на воду, уменьшится. Теперь температура кипения воды в рассматриваемой области трубки оказывается выше температуры кипения. Вода немедленно закипает. При кипении образуется пар, который ещё выше поднимает воду в верхней половине трубки, заставляя её выливаться в бассейн. По мере перехода воды из трубки в бассейн давление на нижние слои воды в трубке продолжает уменьшаться, и наступает момент, когда закипает вся оставшаяся в трубке масса воды. В этот момент образуется сразу большое количество пара; расширяться, он

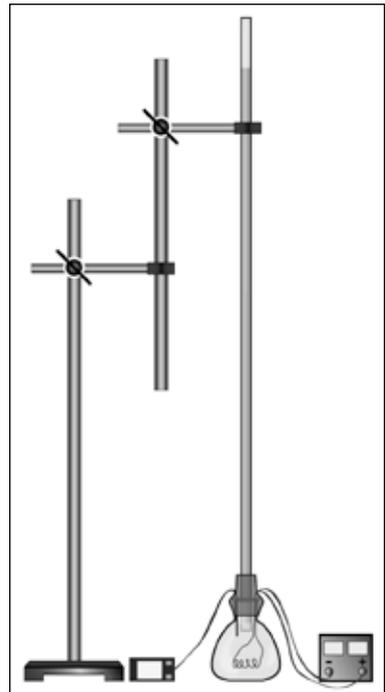


Рис. 6

с огромной скоростью устремляется вверх, выбрасывая остатки воды из трубки и часть воды из бассейна – происходит извержение гейзера.

Гейзер может работать и без боковых каналов, если в нижней части его трубки есть дополнительный приток тепла. Это можно показать на действующей модели гейзера.

Для наблюдения работы гейзера нами была изготовлена действующая модель (рис. 6).

Колба, наполненная водой, закрыта узкой стеклянной трубкой длиной около 2,5 м. Трубка наполняется водой. По этой причине давление в колбе больше атмосферного на величину гидростатического столба жидкости:

$$p = \rho gh,$$

где ρ – плотность воды;

h – высота столба жидкости.

Вода в колбе нагревается с помощью электронагревателя. Он представляет собой проволочную спираль, подключённую к источнику напряжения. Температура воды в колбе измеряется с помощью электронного термометра марки ТЭН-5. В ходе проведения экспериментов нами была измерена температура кипения воды $t_{кип}$ при различной высоте водяного столба h .

Выясним, какова должна быть мощность электронагревателя для эффективной работы модели гейзера. В качестве электронагревательного элемента используется проволочная спираль сопротивлением 4 Ом, напряжение источника питания – 30 В. Электрическая мощность нагревателя определяется силой тока I и напряжением U :

$$P = IU.$$

В соответствии с законом Ома

$$I = \frac{U}{R}.$$

Тогда

$$P = \frac{U^2}{R}.$$

$$P = 230 \text{ Вт.}$$

При вместимости колбы 1 л и наполнении её горячей водой для дальнейшего нагревания воды на 15–20 °С потребуются, как легко оценить, время 5–10 минут, что вполне приемлемо.

Измерения проводились при атмосферном давлении 767 мм рт. ст., что на 0,9 % отличается от нормального атмосферного давления. Так как отличие от нормального значения невелико, то в открытой колбе (при незаполненной трубке) температура кипения воды должна быть 100 °С. Однако при кипении воды показания электронного термометра были равны 98,6 °С. Расхождение может быть объяснено погрешностью прибора и его тепловой инертностью. По этой причине все показания термометра, приведённые в таблице 1, даны с учётом поправки «+ 1,4 °С».

Таблица 1.

Температура кипения воды $t_{кип}$ в модели гейзера при различной высоте водяного столба h

h , см	40	80	120	160	200	240
$t_{кип}$, °С	101,0	101,9	103,5	105,4	106,9	108,4

График зависимости температуры кипения воды от давления, построенный по данным, полученным в результате эксперимента, приведён на рисунке 7. Из опыта следует, что температура кипения воды действительно, как и показывает теория, повышается с ростом внешнего давления. Результаты согласуются с табличными данными, указанными в справочнике [5, с. 106].

Заключение

Разработанная модель гейзера позволила изучить особенности процесса кипения при повышенном давлении. Данный прибор может найти применение при изучении темы «Кипение» в курсе физики в школе. В дальнейшем представляет интерес выяснить на опыте, как температура кипения связана с концентрацией соли в воде, как действие гейзера зависит от мощности нагревателя и его расположения в трубке гейзера.

Следующий результат, который можно получить в эксперименте, – это определение отношения массы пара, образовавшегося при извержении гейзера, к полной массе воды, наполняющей гейзер. Пусть масса пара, образовавшегося при извержении гейзера, m_n , а масса воды в гейзере m_g . Обозначим их отношение через K и назовём это отношение коэффициентом опустошения гейзера:

$$K = \frac{m_n}{m_g}.$$

Проведём теоретический расчёт коэффициента опустошения. Предположим, что за счёт избыточного гидростатического давления (определяемого высотой гейзерной трубки) температура кипения воды выше 100°C на Δt . Тогда количество «избыточно» полученной теплоты Q_1 будет равно

$$Q_1 = m_g c \Delta t,$$

где c – теплоёмкость воды.

На образование пара в момент извержения гейзера потребуется количество теплоты Q_2 , равное

$$Q_2 = L m_n,$$

где L – удельная теплота парообразования воды.

Считая Q_1 и Q_2 равными, имеем:

$$L m_n = m_g c \Delta t.$$

Отсюда

$$K = \frac{c \Delta t}{L}.$$

Библиографический список

1. Советский энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. 3-е изд. – М. : Сов. энциклопедия, 1982. 1600 с.
2. Электронный ресурс: Точка доступа: .wikipedia.ru. Гейзер.



Рис. 7

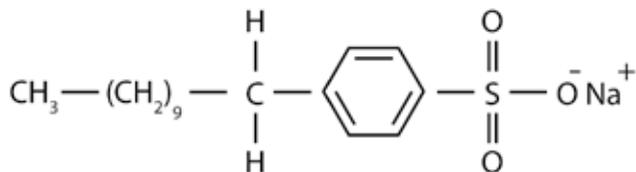
3. Андрюшечкин С. М. Физика : учеб. для 8 класса. – М. : Баласс, 2012. 240 с.

4. Тарасов А. В. Физика в природе : Кн. для учащихся. – М. : Просвещение, 1988. – 351 с.

5. Кошкин Н. И., Ширкевич М. Г. Справочник по элементарной физике. – 10-е изд., испр. и доп. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 256 с.

На занятии по теме «**Поверхностное натяжение**» помимо ознакомления учащихся с данным физическим явлением, выполнения лабораторной работы «Определение поверхностного натяжения» следует уделить внимание таким практически важным явлениям, как смачивание и несмачивание. Именно эти явления лежат в основе действия мыла и моющих средств. Способы приготовления мыла омылением жиров были описаны ещё римским писателем и учёным Плинием Старшим (23 или 24 г.н.э. – 79 г.н.э.) в его 37-томной «Естественной истории». Химическая природа жиров и сущность реакции омыления была выяснена лишь на рубеже XVIII и XIX вв.

Каков же физический механизм действия мыла? Моющие средства должны обладать способностью адсорбироваться (концентрироваться) на пограничной поверхности, т.е. быть поверхностно-активными веществами (ПАВ). Пример типичного ПАВ – соли тяжёлых карбоновых кислот $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COONa}$. Молекула соли содержит карбоксильную группу, которая является гидрофильной частью, и углеводородный радикал – гидрофобную часть молекулы¹. Загрязняющие вещества, как правило, малорастворимы или не растворимы в воде, они водой не смачиваются и с водой не взаимодействуют – являются гидрофобными веществами. В процессе мытья – очистки загрязнённой поверхности водным раствором моющего средства – гидрофобная часть молекулы моющего вещества взаимодействует с поверхностью гидрофобного загрязняющего вещества. Гидрофильная же часть молекулы моющего вещества взаимодействует с водой, проникает в воду и «утаскивает» с собой частицу загрязняющего вещества, удерживаемую гидрофобной частью молекулы ПАВ. «В настоящее время химическая промышленность выпускает большое количество различных синтетических моющих средств... Наибольшее практическое значение имеют соединения, содержащие насыщенную углеводородную цепь из 10–15 атомов углерода, так или иначе связанную с сульфатной или сульфонатной группой, например:



Производство синтетических моющих средств основано на дешёвой сырьевой базе, а точнее, на продуктах переработки нефти и газа. Они, как правило, не образуют малорастворимых в воде солей кальция и магния.

¹ От греческого *hydōr* – вода и *phōbos* – боязнь, страх (*philia* – «любовь»).

Следовательно, многие из синтетических моющих средств одинаково хорошо моют как в мягкой, так и в жёсткой воде»¹.

На занятии по теме «**Твёрдые тела**» перед учителем стоит достаточно сложная задача изложения обширного учебного материала в рамках двухчасового занятия. Успеху занятия может способствовать опора на демонстрационный эксперимент и фронтальную лабораторную работу. Обращаем внимание учителя на опыт по демонстрации оптической анизотропии кристалла исландского шпата. По нашему мнению, это один из наиболее доступных и наглядных опытов по демонстрации анизотропии кристаллов. Сильное впечатление оставляет у учеников и лабораторная работа «Наблюдение процесса роста кристаллов». Часто ученики пробуют (и успешно) фотографировать наблюдаемые ими картины роста кристаллов. Информация о роли дефектов в кристаллах отнесена в учебнике к дополнительному материалу (уровень «макси»). Несмотря на то, что учебник предназначен для изучения курса физики на базовом уровне, в § 9 учебника введён (и это представляется обоснованным ввиду значительной практической значимости) материал о жидких кристаллах и полимерах.

При изучении **упругих свойств твёрдых тел** и рассмотрении закона Гука представляется возможным не вводить такие понятия, как «относительное удлинение» ε и «модуль упругости (модуль Юнга) E » и не приводить математическое выражение закона Гука в форме

$$\sigma = E|\varepsilon|,$$

где σ – механическое напряжение.

При таком подходе к рассмотрению упругих свойств твёрдых тел имеется возможность изучить понятия «механическое напряжение», «предел прочности» и провести лабораторную работу «Определение предела прочности металла», используя простейшее лабораторное оборудование.

Последующие занятия посвящены изучению термодинамических процессов. Рассмотрение тепловых процессов можно предварить словами о значимости тепловых явлений в жизни человека и предложить проанализировать такие известные климатические явления, как бабье лето и похолодание на черёмуху. Рассмотренные примеры послужат созданию проблемной ситуации, будут способствовать активизации познавательной деятельности учащихся и развитию критичности их мышления.

Бабьим летом называют кратковременный период тёплой и сухой погоды во второй половине сентября. «Этому осеннему возврату тепла есть своя яркая примета и определённая причина. И заключается она в том, что природа начинает готовиться к зиме. В листьях разрушается ярко-зелёный хлорофилл, и появляются жёлтые и оранжевые вещества ксантофилл и каротин, красный и оранжевый антоциан. Эти изменения в листьях вызывают их увядание и последующий листопад. Химия и биология их сложна, а самое главное, что эти процессы происходят с выделением тепла»². Вспомним слова известной песни «Бабье лето» (музыка В. Высоцкого, слова И. Кожановского):

¹ Кукушкин Ю.Н. Химия вокруг нас: Справ. пособие [Текст]. – М. : Высш. шк. 1992. – С. 99.

² Яковлев В. Что такое бабье лето? Электронный ресурс: Точка доступа: shkolazhizni.ru/archive/0/n-20724/

Клёны выкрасили город
Колдовским каким-то цветом,
Это значит – очень скоро
Бабье лето, бабье лето.

Следует уточнить, что ксантофилл, каротин, антоциан конечно же имеются в листьях и в летний период; их присутствие маскируется зелёным пигментом – хлорофиллом. Но наиболее существенно иное – сокращение потребления энергии на процесс фотосинтеза приводит к тому, что поступающая солнечная энергия прогревает почву и воздух, давление воздуха повышается – устанавливается антициклон, наступают бабье лето. Подобный процесс происходит именно в средних широтах, где отчётливо выражена смена времён года и изменение растительного покрова поверхности Земли («индейское лето» в Канаде, «цыганское лето» на Балканах, «лето пожилых женщин» в Германии и т.д.). Наблюдается и обратный процесс. «Когда черёмуха цветёт, всегда холод живёт» – гласит народная мудрость. Причина майского похолодания – резкое возрастание объёма процесса фотосинтеза при распускании листьев у всех листовых растений, в том числе и у черёмухи»¹.

В этой связи обратимся к первым страницам части третьей третьего тома романа Л.Н. Толстого «Война и мир». Нам хотелось бы обратить внимание на следующие строки романа: «Всякий раз, когда я, глядя на свои часы, вижу, что стрелка пошла к десяти, я слышу, что в соседней церкви начинается благовест, но из того, что всякий раз, что стрелка приходит на десять часов тогда, когда начинается благовест, я не имею права заключить, что положение стрелки есть причина движения колоколов. ... Крестьяне говорят, что поздней весной дует холодный ветер, потому, что почка дуба развёртывается, и действительно всякую весну дует холодный ветер, когда развёртывается дуб. Но хотя причина дующего при развёртывании дуба холодного ветра мне неизвестна, я не могу согласиться с крестьянами в том, что причина холодного ветра есть развёртывание почки дуба, потому только, что сила ветра находится вне влияния почки»². С учётом изложенных выше причин возникновения бабьего лета и похолодания на черёмуху следует всё же попробовать возразить классику и «согласиться с крестьянами в том, что причина холодного ветра есть развёртывание почки дуба». Ведь именно «переадресация» поступающей солнечной энергии на процесс фотосинтеза, а не на нагревание почвы и воздуха приводит к понижению температуры воздуха, понижению его давления и образованию циклона с присущей ему ветреной погодой.

При рассмотрении **первого закона термодинамики** вводится понятие внутренней энергии, выводится формула для расчёта внутренней энергии одноатомного идеального газа и проводится оценка значения внутренней энергии 1 моля газа при комнатной температуре.

Анализируется математическое выражение первого закона (первого начала) термодинамики – закона сохранения энергии применительно к тепловым процессам. Рассмотрение случаев применения первого закона термодинамики к различным изопротессам отнесено в учебнике к

¹ Почему во время цветения черёмухи бывают похолодания? Электронный ресурс: Точка доступа: ro4emu.ru/index.php?id=65.

² Толстой Л.Н. Война и мир, т. 3 – 4 [Текст]. – М.-Л. : Государственное издательство художественной литературы, 1960. – С. 227.

дополнительному материалу (уровень «макси»), в отличие от адиабатного процесса, рассмотрение которого иллюстрируется не только примером проявления в природе и применения в технике, но и приводится анализ протекания процесса с точки зрения молекулярно-кинетической теории.

При решении задач по теме «Первый закон термодинамики» проводится не только анализ и решение расчётных задач, но и выполняется лабораторная работа «Определение удельной теплоты плавления льда». Если первое задание лабораторной работы содержит подробный пошаговый инструктаж по его выполнению, то второе задание является заданием проблемного типа, и здесь приведена только формулировка задания «Пусть в вашем распоряжении имеется мокрый снег. Определите процентное содержание воды в снеге. Удельную теплоту плавления льда считать известной». При выполнении этого задания измеряют начальную температуру тёплой воды, налитой в калориметр, а затем температуру, которая установится после того, как мокрый снег поместят в тёплую воду, и снег растает. Если m_k , m_e , m – массы соответственно калориметра, тёплой воды и смеси «лёд–вода», c_e и c_k – удельные теплоёмкости воды и материала калориметра, t_1 и t_2 – начальная и конечная температура тёплой воды, k – доля воды в смеси «лёд–вода», то уравнение теплового баланса имеет вид

$$m_k c_k (t_2 - t_1) + m_e c_e (t_2 - t_1) + (1 - k)m\lambda + m c_e (t_2 - 0) = 0.$$

Решив данное уравнение, определяют k .

Также следует обратить внимание на задачу 3, условие и решение которой приведено в § 12 учебника. В задаче предлагается определить удельную теплоёмкость свинца по результатам нагрева свинцовой дроби при её многократном падении с некоторой высоты. Анализ этой задачи следует сопроводить соответствующей демонстрацией, взяв за основу расчёта результаты, полученные при демонстрации.

Лейтмотивом занятия по теме «**Второй закон термодинамики**», как это уже отмечалось ранее, должен быть анализ проблемной ситуации, связанной с рассмотрением понятия необратимости тепловых процессов и осознания учащимися того факта, что термодинамическая система приходит в состояние теплового равновесия потому, что именно данное состояние наиболее вероятно. Это позволяет вести рассмотрение процессов, протекающих в тепловом двигателе, с точки зрения необратимости тепловых процессов и обосновать необходимость холодильника теплового двигателя.

Изучение раздела «Молекулярная физика» завершается проведением **теста** и **устным зачётом по разделу**.

Раздел 2. Электрические явления

На раздел «Электрические явления» программой и поурочным планированием отведено 30 часов (15 занятий). В этом разделе учащиеся углубляют свои знания по теме «Электрическое поле» путём рассмотрения величин (напряжённость, потенциал), характеризующих поле. Изучается закон Ома для полной цепи и протекание тока в различных средах. При этом знания, полученные при изучении механики и молекулярной физики, находят применение при теоретическом обосновании закона Ома для участка цепи (для случая тока в металлах) и экспериментальном определении заряда электрона (для случая тока в электролитах).

Содержание занятия по теме «**Электрическое поле**» изложено в § 14 учебника, который начинается с раздела «Силы в атоме». Хотя этот материал и отнесён к дополнительному (уровень «макси»), но следует, по нашему мнению, ознакомить учащихся с его содержанием (хотя бы в общих чертах). Здесь проводится оценка величины силы, которая должна действовать на электрон в атоме, чтобы обеспечить сохранность атома при межатомных столкновениях, и делается вывод, что в роли этой силы не может выступать сила всемирного тяготения. Проведённая оценка является основанием для введения понятия «электрические силы».

С понятием «электрическое поле» учащиеся знакомы из курса физики 8 класса; новые для них понятия «напряжённость электрического поля» и «потенциал» изучаются в соответствии с обобщённым планом построения ответа о физической величине.

Приступая к **решению задач по теме «Характеристики электрического поля»**, учащиеся знакомятся с основными типами задач по данной теме. При решении задач в полной мере используются их знания по механике (второй закон Ньютона, формула для расчёта кинетической энергии, проекции перемещения для случая равноускоренного движения).

Темой следующего занятия является **закон Кулона**. Может возникнуть вопрос: «Почему изложение электрических явлений начинается не с закона Кулона?» Ответ на этот вопрос заключается в том, что закон обратных квадратов для электрической силы верен не всегда и следует начать с более фундаментальных понятий – электрического поля и его характеристик. Практика применения закона Кулона осуществляется при выполнении соответствующей лабораторной работы.

Также при решении задач на закон Кулона в качестве одной из задач-проблем (уровень «макси») может быть рассмотрена следующая задача: «Заряженные шарики с одинаковой массой, расположенные на расстоянии L друг от друга, отпустили без начальной скорости. Через время t расстояние между ними удвоилось. Через какое время удвоится расстояние между этими шариками, если их отпустить с начального расстояния $3L$?»¹.

¹ Слободецкий И.Ш., Орлов В.А. Всесоюзные задачи по физике: Пособие для учащихся 8–10 кл. средней школы [Текст]. – М.: Просвещение, 1982. – С. 38, задача № 214.

Решение задачи, предложенное в упомянутом сборнике, является достаточно громоздким. Ниже предлагается иной вариант решения, основанный на использовании метода размерностей. Достаточно очевидно, что время t удвоения расстояния определяется массой m шариков, первоначальным расстоянием L между шариками, их зарядами q_1 и q_2 , а также электрической постоянной (при записи выражения в СИ). Легко видеть, что из этих величин можно составить комбинацию, имеющую размерность времени, единственным образом:

$$\sqrt{\frac{\varepsilon_0 m L^3}{q_1 q_2}}.$$

Теперь ответ задачи очевиден:

$$\frac{t'}{t} = \sqrt{\frac{L'^3}{L^3}}.$$

И т.к. по условию задачи расстояние увеличивается в 3 раза, то окончательно имеем

$$\frac{t'}{t} = 3\sqrt{3}.$$

(Было бы полезно напомнить решение этой задачи в 11 классе при изучении третьего закона Кеплера или использовать идею приведённого выше решения для обоснования закона.)

На занятии по теме «**Конденсаторы**» вводится понятие ёмкости. На опыте демонстрируется зависимость ёмкости плоского конденсатора от его геометрических параметров (площади обкладки, расстояния между обкладками конденсатора) и диэлектрических свойств изолятора, заполняющего конденсатор. Проводится вывод формулы для расчёта энергии электрического поля заряженного конденсатора. Вопрос, связанный с определением энергии электрического поля конденсатора и изучением зависимости энергии конденсатора от его ёмкости и напряжения, может быть темой проектной работы учащихся. В качестве примера приводим сокращённый вариант описания выполнения такого проекта, который может быть использован учителем в его работе.

Определение энергии электрического поля

Введение

Для накопления заряда и энергии в различных радиотехнических, электротехнических приборах используют конденсаторы. Энергия электрического поля конденсатора определяется, как известно, ёмкостью и напряжением. Однако до настоящего времени широко не известны наглядные способы демонстрации данных зависимостей. По этой причине является *актуальным* разработка способа демонстрации зависимости энергии электрического поля конденсатора от его электрической ёмкости и от напряжения.

Цель данной работы – создание установки, применение которой позволяет демонстрировать указанные выше зависимости.

В работе ставились и решались следующие задачи:

1. Ознакомиться с различными видами конденсаторов и характеризующими их параметрами.

2. Ознакомиться с известными методами измерения заряда и энергии конденсатора.

3. Экспериментально проверить известные теоретические зависимости энергии электрического поля конденсатора от его электроёмкости и величины напряжения.

4. Разработать установку для демонстрации зависимости энергии электрического поля конденсатора от ёмкости и напряжения.

В соответствии с целью данной работы *объектом исследования* является накопитель электрической энергии – конденсатор, а *предметом исследования* – изучение функциональной зависимости энергии конденсатора от электроёмкости и напряжения.

§ 1. Конденсаторы и их характеристики

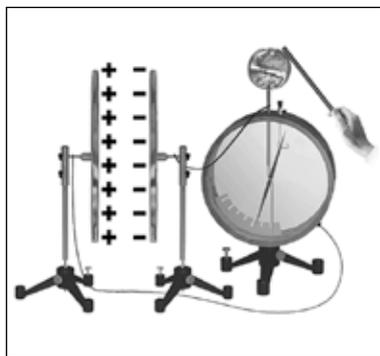


Рис. 8

Известно, что окружающая нас материя существует или в форме вещества, или в форме поля. Одним из видов поля, изучаемого в курсе физики, является электрическое поле. Оно обладает энергией. Наиболее распространённые приборы для создания и «накопления» электрического поля – конденсаторы. Простейшим конденсатором являются две металлические пластины (электроды), разделённые каким-либо диэлектриком (рис. 8). Конденсатор можно зарядить, если соединить его электроды с источником электрической энергии постоянного тока [1, С. 94–95].

Первый электрический конденсатор (лейденская банка) изобретён голландскими учёными Мушенбреком и его учеником Кюнеусом в 1745 году в городе Лейдене. Параллельно и независимо от них сходный аппарат под названием «медицинская банка» изобрёл немецкий учёный Клейст. Лейденская банка представляла собой закупоренную, наполненную водой стеклянную банку, оклеенную внутри и снаружи фольгой (рис. 9). Сквозь крышку в банку был воткнут металлический стержень.



Рис. 9

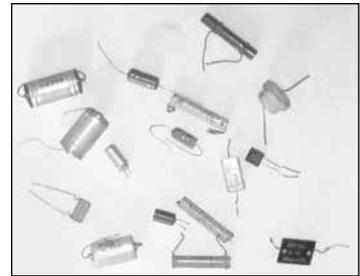
Лейденская банка позволяла накапливать и хранить сравнительно большие заряды (порядка микрокулона). Изобретение лейденской банки стимулировало изучение электричества – в частности, скорости его распространения и электропроводящих свойств некоторых материалов. Выяснилось, что металлы и вода – лучшие проводники электричества. Благодаря лейденской банке удалось впервые искусственным путём получить электрическую искру.

Конденсаторы находят применение практически во всех областях электротехники:

- для построения различных цепей с частотно-зависимыми свойствами (в частности, фильтров, колебательных контуров и т. п.);
- при быстром разряде конденсатора можно получить импульс большой мощности (например, в фотовспышках, импульсных лазерах с оптической накачкой);
- как датчики малых перемещений (малое изменение расстояния между обкладками очень заметно сказывается на ёмкости конденсатора) [2].

Некоторые виды конденсаторов (плёночные, электролитические, бумажные и металобумажные) показаны на рисунке 10.

Накопительная способность конденсатора характеризуется электроёмкостью. Электроёмкость конденсатора C равна отношению заряда q на одной из обкладок конденсатора к напряжению U между обкладками:



$$C = \frac{q}{U}. \quad (1.1) \text{ Рис. 10}$$

Электроёмкость измеряют в фарадах (Ф):

$$1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл/1В.}$$

На практике часто применяется дольная единица электроёмкости:

$$1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф.}$$

Электроёмкость конденсатора зависит от площади обкладок s , расстояния между ними d и качества диэлектрика:

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 s}{d},$$

где ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между обкладками [3, с. 125–127].

Если конденсатор заряжен, то между пластинами конденсатора существует электрическое поле, которое обладает определённой энергией. Энергия электрического поля заряженного конденсатора W определяется выражением:

$$W = \frac{CU^2}{2}. \quad (1.2)$$

§ 2. Способы определения электроёмкости конденсаторов

Один из способов определения электроёмкости заключается в сравнении электроёмкости конденсатора неизвестной ёмкости C_x с электроёмкостью конденсатора эталонной ёмкости C_0 .

Схема установки для проведения таких измерений изображена на рисунке 11.

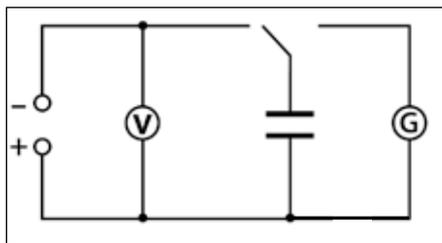


Рис. 11

Конденсатор C заряжается от источника постоянного напряжения и разряжается затем через баллистический гальванометр G . Баллистический гальванометр предназначен для измерения небольшого количества электричества, протекающего по цепи за время, значительно меньшее периода его собственных колебаний. Кратковременный ток сообщает подвижной

системе толчок, который служит причиной возникновения колебаний. Величина первого отклонения подвижной части баллистического гальванометра пропорциональна количеству прошедшего через него электричества:

$$q = Bn, \quad (2.1)$$

где n – величина первого отклонения «зайчика» в делениях шкалы;

q – заряд, прошедший через гальванометр за короткий промежуток времени;

B – множитель, постоянный для данного прибора, называемый баллистической постоянной. Баллистическая постоянная B численно равна количеству электричества, которое, протекая через гальванометр, вызывает отклонение «зайчика» на одно деление.

Практически баллистическую постоянную можно определить, разряжая через гальванометр конденсатор известной емкости C_0 , заряженный до известного напряжения U_0 , и, следовательно, содержащий заряд q_0 :

$$q_0 = C_0 U_0. \quad (2.2)$$

Из уравнений (2.1) – (2.2) имеем:

$$B = \frac{C_0 U_0}{n_0}.$$

Если баллистическая постоянная измерена, то можно определить ёмкость неизвестного конденсатора:

$$C = \frac{q}{U} = \frac{Bn}{U}.$$

Недостатком этого метода является то, что необходимо знать электроёмкость эталонного конденсатора, которая должна быть измерена иным способом [4, с. 65–66].

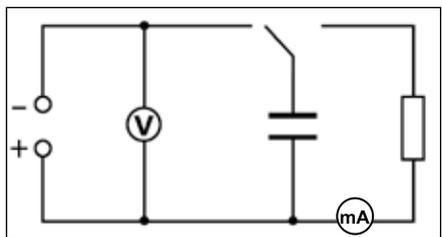


Рис. 12

Следующий способ определения электроёмкости конденсатора основан на измерении его заряда. Конденсатор неизвестной ёмкости C разряжается через некоторый резистор сопротивлением R (рис. 12). Оценка значения сопротивления резистора, который следует использовать при изучении процесса разрядки конденсатора, дана в Приложении 1 доклада.

Если конденсатор разряжается через резистор, то с течением времени напряжение на конденсаторе уменьшается, а значит, уменьшается и сила тока в цепи (рис. 13).

По определению сила тока равна

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}.$$

Значит, за время Δt по цепи проходит заряд Δq , равный

$$\Delta q = I\Delta t.$$

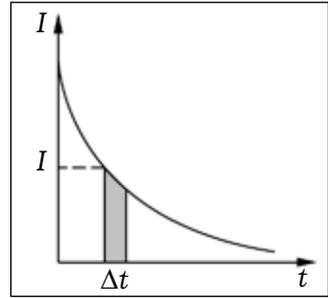


Рис. 13

Из графика (рис. 13) видно, что величина заряда Δq численно равна площади прямоугольника со сторонами I и Δt . Следовательно, для определения всего заряда, прошедшего по цепи при разрядке конденсатора, необходимо измерить площадь под графиком зависимости силы тока от времени. После этого не составляет труда определить и электроёмкость конденсатора:

$$C = \frac{q}{U}.$$

При обработке результатов измерения силы тока необходимо учесть погрешность, вносимую прибором для измерения силы тока – миллиамперметром. По этой причине на графиках зависимости силы тока от времени помимо основного графика наносились пунктирные линии с учётом погрешности измерения силы тока.

Для нахождения заряда конденсатора q и абсолютной погрешности измерения заряда Δq мы определили площадь под графиком путём взвешивания. Из миллиметровой бумаги был вырезан квадрат площадью 100 см^2 . Его масса оказалась равна $3,41 \text{ г}$. Затем был вырезан график и измерена масса соответствующей фигуры, что позволило определить площадь под графиком, а значит, и заряд конденсатора q и абсолютную погрешность заряда Δq . Проведя аналогичную процедуру с графиком зависимости мгновенной мощности от времени, смогли определить энергию электрического поля конденсатора. Учитывая значительную трудоёмкость подобного метода определения заряда конденсатора и его энергии, в дальнейшем было решено провести обработку результатов измерения с помощью программы Microsoft Excel. Расчёт заряда проводился по формуле

$$q = \sum_{n=1}^N \frac{I_{n+1} + I_n}{2} \cdot \Delta t,$$

где $\Delta t = 10 \text{ с}$;

N – число измерений.

Абсолютную погрешность измерения заряда оценим по формуле

$$\Delta q = 2\Delta I\Delta tN.$$

Эта формула вытекает из выражения

$$\Delta q = \sum_{n=1}^N \frac{(I_{n+1} + \Delta I) + (I_n + \Delta I)}{2} \cdot \Delta t - \sum_{n=1}^N \frac{(I_{n+1} - \Delta I) + (I_n - \Delta I)}{2} \cdot \Delta t.$$

Относительная погрешность измерения заряда ϵ_q равна

$$\epsilon_q = \frac{\Delta q}{q},$$

относительная погрешность измерения напряжения ϵ_u равна

$$\epsilon_u = \frac{\Delta U}{U},$$

относительная погрешность измерения электроёмкости ϵ_c равна

$$\epsilon_c = \sqrt{\epsilon_q^2 + \epsilon_u^2}.$$

По определению:

$$\epsilon_c = \frac{\Delta C}{C}.$$

Отсюда:

$$\Delta C = \epsilon_c \cdot C.$$

§ 3. Определение энергии электрического поля конденсатора

При размыкании ключа в цепи происходит разрядка конденсатора через резистор R и выделяется мощность P , равная

$$P = I^2 R,$$

где R – сопротивление резистора.

Общее количество теплоты Q , выделившееся в цепи, очевидно равно

$$Q = \sum(P\Delta t).$$

Совершение работы электрическим током и выделение теплоты происходит за счёт энергии W электрического поля:

$$W = Q,$$

$$W = \sum(P\Delta t).$$

Построение графика зависимости мощности от времени позволяет рассчитать по площади фигуры под графиком энергию электрического поля [5, с. 105–107].

Расчёт энергии электрического поля конденсатора проводился также с помощью программы Microsoft Excel с использованием формулы

$$W = \sum_{n=1}^N \frac{I_{n+1}^2 + I_n^2}{2} \cdot R\Delta t,$$

где $R = 27$ кОм – сопротивление резистора, через который происходит разрядка конденсатора;

$\Delta t = 10$ с;

N – число измерений.

Абсолютную погрешность измерения энергии электрического поля конденсатора ΔW оценим по формуле

$$\Delta W = 4q\Delta IR.$$

Полученные значения энергии электрического поля позволяют выяснить зависимость энергии электрического поля конденсатора от напряжения и электроёмкости конденсатора. Используя экспериментальные данные, построим график зависимости энергии конденсатора W от квадрата напряжения U^2 . Используя экспериментальные данные, построим график зависимости энергии конденсатора от электроёмкости. Анализ полученных графических зависимостей позволяет сделать

вывод: действительно, энергия электрического поля конденсатора определяется квадратом напряжения U^2 и электроёмкостью конденсатора C , как это и следует из формулы (1.2).

§ 4. Демонстрационный метод

Рассмотренный выше способ изучения зависимости энергии электрического поля W конденсатора от его электроёмкости C и напряжения U , к сожалению, не даёт возможности наглядно продемонстрировать зависимости

$$W \sim C \quad (4.1)$$

и

$$W \sim U^2. \quad (4.2)$$

Можно, например, демонстрировать разрядку конденсатора через неоновую лампу (рис. 14). При этом чем больше электроёмкость конденсатора и чем выше зарядное напряжение, тем ярче вспыхивает лампа. Однако таким образом зависимости (4.1) и (4.2) могут быть проиллюстрированы только на качественном уровне.

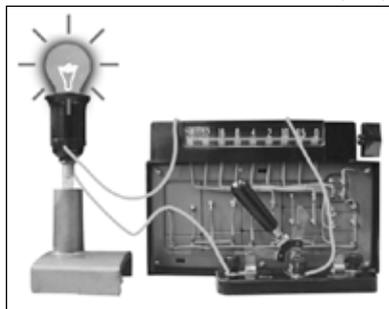


Рис. 14

По этой причине нами была разработана установка, позволяющая пронаблюдать данные зависимости в рамках демонстрационного эксперимента (рис. 15).

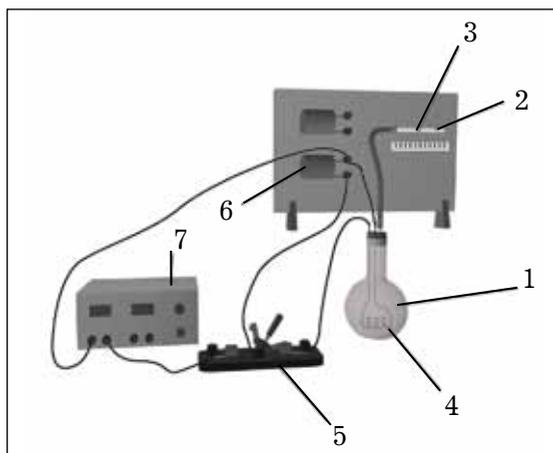


Рис. 15

Основной элемент установки – колба 1, соединённая с горизонтально расположенным капилляром 2, замкнутым капелькой-столбиком термометрической жидкости 3. В колбе помещён проволочный резистор 4 сопротивлением 4 Ом. Ключ 5 позволяет замкнуть данным резистором конденсатор 6, предварительно заряженный от источника постоянного напряжения 7. Использовались два конденсатора ёмкостью по 10 000 мкФ. (При необходимости один из конденсаторов можно было отсоединить, также можно соединить конденсаторы не параллельно, а последовательно. То есть можно получить значения ёмкости в 5000 мкФ,

10 000 мкФ и 20 000 мкФ.) Блок питания позволяет заряжать конденсаторы напряжением от 0 до 40 В.

При разрядке конденсатора резистор нагревается, воздух, находящийся в колбе, расширяется, и столбик жидкости в капилляре смещается. Смещение столбика жидкости x прямо пропорционально энергии электрического поля W , запасённой в конденсаторе:

$$x \sim W.$$

(Это утверждение не составляет труда обосновать, используя первый закон термодинамики.)

Например, при разрядке конденсатора ёмкостью 10 000 мкФ, заряженного до напряжения 40 В, смещение столбика жидкости x составляет (8 ± 1) мм. При разрядке конденсаторов ёмкостью 20 000 мкФ, заряженных до того же значения напряжения, смещение столбика жидкости x составляет (15 ± 1) мм. Следовательно,

$$W \sim C.$$

Если же напряжение зарядки конденсаторов ёмкостью 20 000 мкФ уменьшить до 20 В, то смещение столбика жидкости составляет (4 ± 1) мм. Следовательно,

$$W \sim U^2.$$

Таким образом, разработанный прибор может быть успешно использован при преподавании школьного курса физики и с его помощью могут быть продемонстрированы указанные выше зависимости.

Заключение

В результате выполнения данной работы нами была измерена электроёмкость нескольких конденсаторов. Измеренное значение не отличалось существенно от указанного на конденсаторах номинального значения. Была проверена зависимость энергии электрического поля, накапливаемой в конденсаторе, от его электроёмкости и от напряжения между обкладками конденсатора. Полученные экспериментально зависимости находятся в согласии с формулой (1.2). Для наглядной демонстрации зависимости энергии электрического поля от ёмкости и напряжения была изготовлена специальная установка. В установке о величине энергии электрического поля можно было наглядно судить по смещению столбика термометрической жидкости при тепловом расширении воздуха. В школьном курсе физики помимо свойств электрического поля изучается и магнитное поле. Оно также обладает энергией. «Накопителем» энергии магнитного поля, как известно, является катушка индуктивности. Энергия магнитного поля катушки зависит от её индуктивности и величины тока, протекающего через катушку. Используя разработанную установку, можно провести изучение зависимости энергии магнитного поля катушки от индуктивности и силы тока.

Приложение 1. Оценка величины сопротивления резистора, используемого при разрядке конденсатора.

Пусть конденсатор ёмкостью C , первоначально заряженный до напряжения U , разряжается через резистор R (рис. 16).

Среднее значение силы тока I оценим как отношение первоначального заряда q ко времени разрядки:

$$I \sim \frac{q}{t}. \quad (\text{П.1.1})$$

С другой стороны, в соответствии с законом Ома для участка цепи

$$I = \frac{U}{R}, \quad (\text{П.1.2})$$

а заряд конденсатора равен

$$q = CU. \quad (\text{П.1.3})$$

Тогда из соотношений (П.1.1.) – (П.1.3) имеем:

$$\frac{U}{R} \sim \frac{CU}{t}$$

или

$$t \sim RC,$$

$$R \sim \frac{t}{C}.$$

Если время разрядки конденсатора принять равным 10^2 с, а ёмкость конденсатора 10^{-3} Ф (1000 мкФ), то

$$R \sim \frac{10^2}{10^{-3}} \sim 10^5 \text{ (Ом)}.$$

$$R \sim 100 \text{ (кОм)}.$$

Следовательно, необходим резистор порядка 100 кОм.

Библиографический список

1. Андрюшечкин, С.М. Физика. Учебник для 8 класса общеобразовательной школы / С.М. Андрюшечкин. – М. : Баласс, 2012.
2. Интернет-ресурс. Точка доступа: www.wikipedia.ru. Конденсаторы.
3. Мякишев, Г.Я. Физика. Учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев. – 8-е изд. – М. : Просвещение, 2000.
4. Кабардин, О.Ф. Лабораторные работы по физике для средних профессионально-технических училищ, Учеб. пособие / О.Ф. Кабардин, В.А. Орлов, Н.И. Шефер. – М. : Высшая школа, 1976.
5. Дик, Ю.И. Физический практикум для классов с углублённым изучением физики : дидакт. материал : 9–11 кл. / Ю.И. Дик, О.Ф. Кабардин, В.А. Орлов и др.; под ред. Ю.И. Дика, О.Ф. Кабардина. – М. : Просвещение, 1993.

На занятиях «Постоянный электрический ток» и «Электрическое сопротивление» учащиеся в основном повторяют учебный материал, известный им из курса физики 8 класса. Единственно новый по существу материал связан с формулой, определяющей силу тока

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t},$$

и формулой «четырёх сомножителей»

$$I = q_0 n s \bar{v}.$$

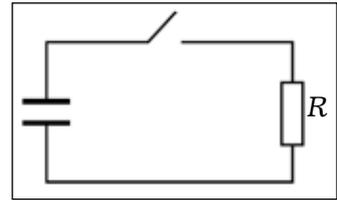


Рис. 16

Вывод последней формулы составляет дополнительный материал § 18 учебника, но результат оценки скорости упорядоченного движения электронов в металлах, получаемый на основе этой формулы, безусловно, должен быть доведён до сведения учащихся¹.

Остальной учебный материал § 18 и § 19 может быть проработан учащимися самостоятельно. Возможны организация взаимопроса и проведение физического диктанта. В случае низких учебных возможностей класса можно заменить лабораторную работу «Определение длины и диаметра медной проволоки» на лабораторную работу «Определение удельного сопротивления проводника».

Вариант 1. «Определение удельного сопротивления проводника». В инструкции для учащихся приведена схема для измерения сопротивления проводника методом амперметра и вольтметра, дан вывод формулы для расчёта удельного сопротивления материала проводника. Длину проводника учащиеся измеряют, а его диаметр (или площадь поперечного сечения) может быть указан в инструкции. В качестве исследуемого проводника удобно использовать константановую проволоку длиной 60–70 см и диаметром 0,5 мм от пришедшего в негодность ползункового реостата.

Вариант 2. «Определение удельного сопротивления материала проволоки реостата». Учащимся предлагается найти удельное сопротивление материала проволоки реостата². Для определения площади поперечного сечения провода необходимо знать его диаметр, который можно вычислить, предварительно измерив линейкой длину обмотки реостата и сосчитав число витков в ней. Измерив диаметр витка и зная число витков в обмотке, определяют длину провода в обмотке реостата.

По теме «Постоянный ток» в качестве учебного проекта может быть предложена исследовательская задача (уровень «макси») «Изучение зависимости величины силы тока, при которой перегорают проводники, от их диаметра». Задача позволяет успешно организовать различные формы деятельности учащихся:

- изучение справочной литературы;
- теоретический анализ проблемы;
- проведение экспериментального исследования;
- обработка результатов эксперимента, в том числе и с использованием графических методов,

а также формировать критичность мышления школьников. «Критическое мышление ... формирует процесс рефлексии относительно смысла утверждений, проверяя предложенные доказательства и рассуждения и вырабатывая суждения относительно фактов. ... В основе своей критическое мышление – это интеллектуальная ценность, которая остаётся таковой во всех областях исследования и которая включает: ясность, аккуратность, точность, очевидность, истинность и справедливость»³. Критичность является следствием рефлексивности

¹ Здесь можно воспользоваться следующим методическим приёмом для отработки «физического глазомера» – перед тем, как перейти к расчёту скорости, предложить ученикам предсказать, какое (по порядку величины) значение скорости будет получено.

² Кабардин О.Ф., Орлов В.А., Шефер Н.И. Лабораторные работы по физике для средних профессионально-технических училищ. Учеб. пособие [Текст]. – М.: Высшая школа, 1976. – С. 67.

³ [Электронный ресурс] http://en.wikipedia.org/wiki/Critical_thinking#Overview

мышления. Это позволяет считать критичность мышления результатом вопрошающей рефлексии.

Ниже описан возможный вариант выполнения работы.

1. В известном справочнике¹ имеется таблица, в которой указаны номинальные значения силы тока через плавкий предохранитель в зависимости от диаметра медной проволоки:

Таблица 1

Плавкие предохранители

Сила тока, А	5	15	30	60	100
Диаметр медной проволоки, мм	0,213	0,508	0,914	1,42	2,03

Примечание. Номинальная сила тока, указываемая на предохранителе, является предельной, при которой ток может протекать длительное время. Сила тока, в 1,8–2 раза больше номинальной, быстро расплавляет проволоку в предохранителе.

По данным, приведённым в таблице 1, строится график зависимости силы тока I от диаметра d (рис. 17). Делается вывод, что зависимость не является прямо пропорциональной.

2. Теоретический анализ рассматриваемой проблемы на доступном учащимся уровне может быть проведён следующим образом. Количество теплоты Q_1 , выделяющееся в проводнике сопротивлением R за время t при силе тока I , в соответствии с законом Джоуля и Ленца равно

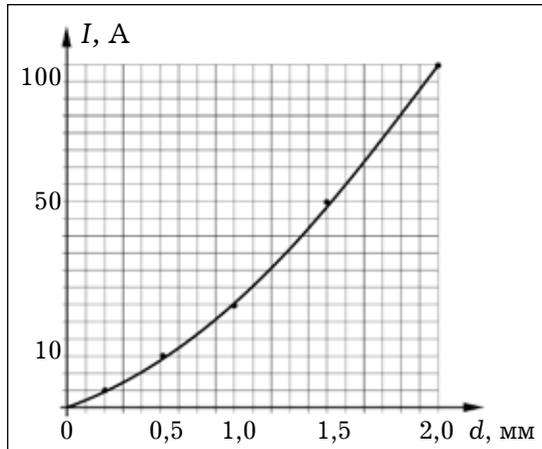


Рис. 17

$$Q_1 = I^2 R t, \tag{1}$$

$$R = \rho \frac{l}{S}; \tag{2}$$

где ρ – удельное сопротивление материала проводника;
 l – длина проводника;

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \text{ – площадь поперечного сечения проводника.} \tag{3}$$

При прохождении тока температура проводника повышается, возникает теплообмен с окружающей средой. Количество теплоты Q_2 , передаваемое в окружающую среду за время t , очевидно, определяется площадью поверхности проводника

$$S = \pi d l, \tag{4}$$

¹ Кошкин Н.И., Ширкевич М.Г. Справочник по элементарной физике [Текст]. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – С. 154.

разностью температур ΔT проводника и окружающей среды (значение разности температур ограничено температурой плавления материала проводника) и свойствами окружающей среды.

$$Q_2 = k S \cdot \Delta T, \quad (5)$$

(k – коэффициент пропорциональности).

Ясно, что

$$Q_2 = Q_1$$

(в противном случае проводник перегорит).

С учётом соотношений (1) – (5) имеем:

$$I^2 \sim d^3$$

или

$$I \sim d^{3/2}$$

(зависимость «три вторых»).

3. В пособии А.С. Еноховича приведён обширный справочный материал, позволяющий проверить зависимость «ток–диаметр проводника»¹:

Таблица 2

Ток плавления различных проводов

Ток плавления, А	Диаметр провода, мм					
	медь	алюминий	железо	свинец	олово	никелин
1	0,053	0,066	0,118	0,210	0,183	0,084
2	0,086	0,104	0,189	0,325	0,285	0,135
3	0,112	0,137	0,245	0,425	0,380	0,177
5	0,157	0,193	0,345	0,60	0,53	0,25
7	0,203	0,250	0,45	0,78	0,66	0,32
10	0,250	0,305	0,55	0,95	0,85	0,39
15	0,32	0,40	0,72	1,25	1,02	0,52
20	0,39	0,48	0,87	1,52	1,35	0,62
25	0,46	0,56	1,00	1,75	1,56	0,73
30	0,52	0,64	1,15	1,98	1,77	0,81
35	0,58	0,70	1,26	2,20	1,95	0,91
40	0,63	0,77	1,38	2,44	2,14	0,99
45	0,68	0,83	1,50	2,65	2,30	1,08
50	0,73	0,89	1,60	2,78	2,45	1,15
60	0,82	1,00	1,80	3,15	2,80	1,30
70	0,91	1,10	2,00	3,50	3,10	1,43
80	1,00	1,22	2,20	3,80	3,40	1,57
90	1,08	1,32	2,38	4,10	3,65	1,69
100	1,15	1,42	2,55	4,40	3,9	1,82

Для анализа данных, приведённых в таблице 2, предположим, что зависимость «ток–диаметр проводника» имеет степенной характер:

¹ Енохович А.С. Справочник по физике [Текст]. – М. : Просвещение, 1978. – С. 193.

$$I = Cd^A,$$

где A – показатель степени.

Прологарифмируем:

$$\log I = \log C + A \log d.$$

Если высказанное предположение о степенном характере функции верно, то графиком зависимости логарифма силы тока от логарифма диаметра проводника является прямая линия, а угловой коэффициент этой прямой равен показателю степени A^1 .

$$A = \frac{\Delta(\log I)}{\Delta(\log d)}.$$

На рисунке 18 приведены соответствующие графики, при построении которых использованы данные таблицы 2.

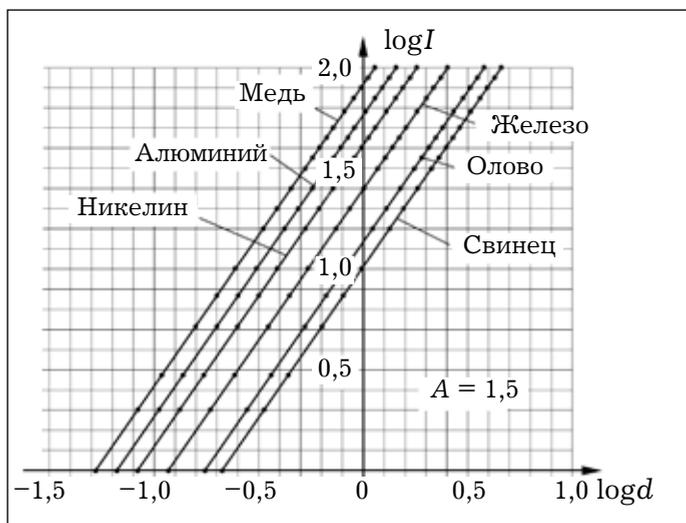


Рис. 18

Таким образом, справочные данные подтвердили ранее теоретически обоснованную зависимость «три вторых».

4. Осуществим экспериментальную проверку исследуемой зависимости. С этой целью собирается цепь², схема которой приведена на рисунке 19. Между точками CD цепи включается исследуемый образец (кусочек медной проволоки известного диаметра без изоляции). Увеличивают ток в цепи, уменьшая сопротивление реостата, и замечают силу тока, при которой перегорает проводник; измерение повторяют 4–5 раз.

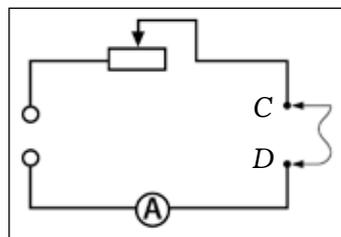


Рис. 19

¹ В случае недостаточной математической подготовки учащихся для проверки исследуемой зависимости можно предложить им построить и проанализировать графики зависимости квадрата силы тока от куба диаметра проводника.

² Технические характеристики источника тока, амперметра и реостата не уточняются, т.к. может быть использовано различное оборудование из имеющегося в кабинете физики.

Ниже приводятся результаты выполненных измерений (таблица 3); график, построенный по результатам проведённых измерений, и расчёт показателя A степенной функции (рис. 20).

Таблица 3

Результаты измерений

Диаметр медного проводника d , мм	0,08	0,10	0,14	0,15	0,17	0,20
Сила тока I , А	1,6	2,3	3,9	4,3	5,2	6,6

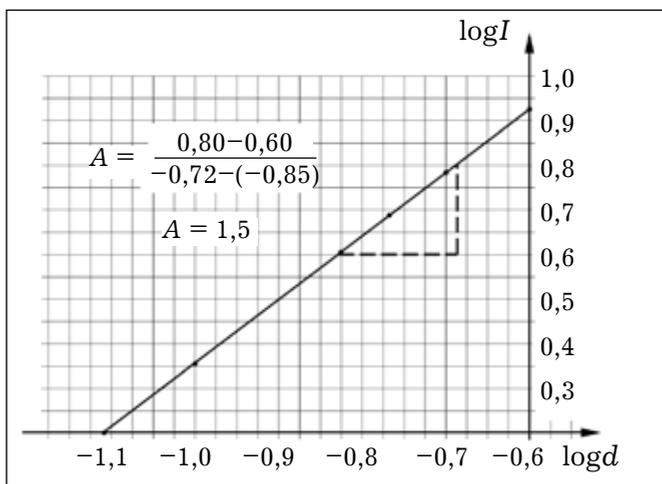


Рис. 20

5. С целью развития критического мышления школьников можно предложить им вновь обратиться к справочным данным, приведённым в таблице 1 статьи, и построить соответствующий график в логарифмическом масштабе (рис. 21). Учащиеся убеждаются, что с достаточно хорошим приближением данные «ложатся» в предложенную теоретическую модель.

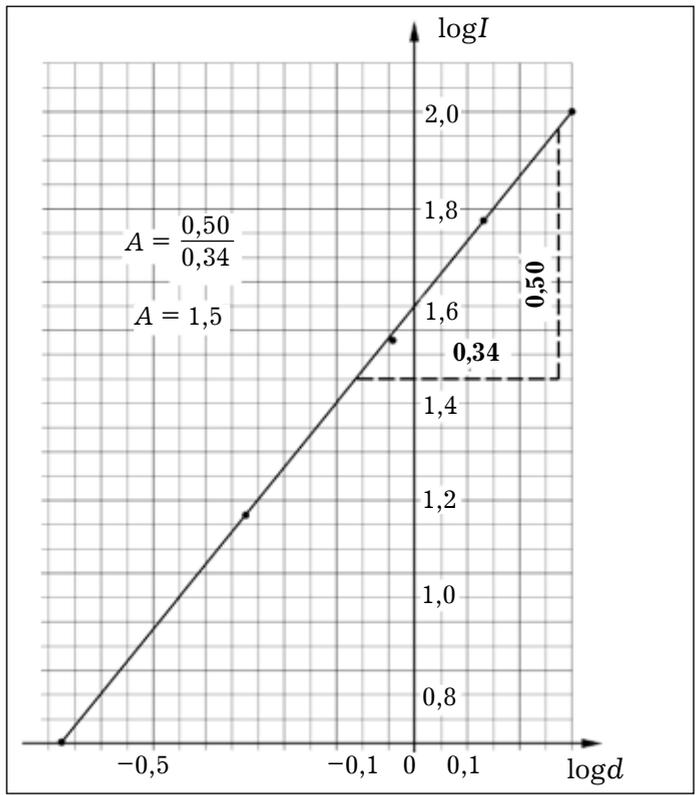
Однако в справочнике¹ имеются сведения о допустимой силе тока в *изолированных* проводах при продолжительной работе (в амперах):

Таблица 4

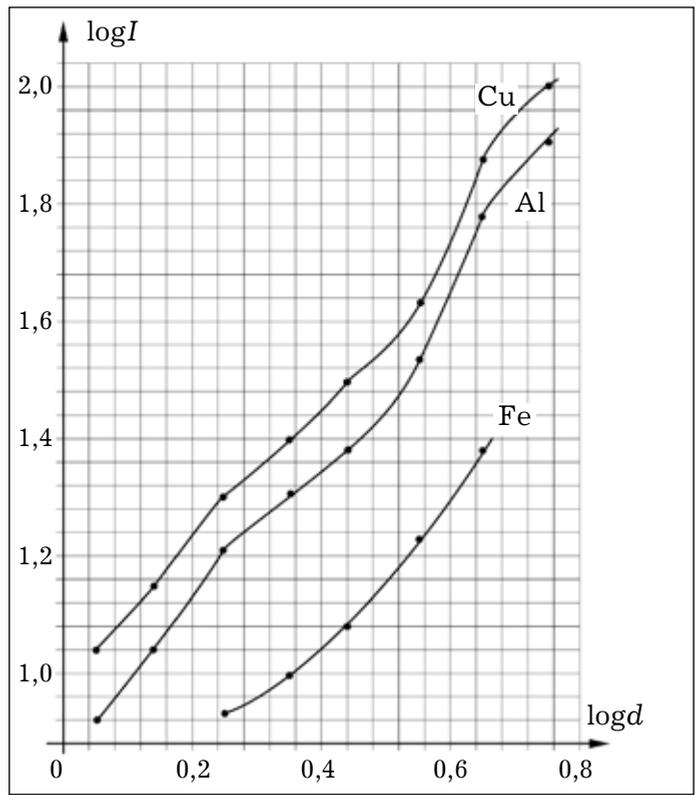
Допустимые силы тока в изолированных проводах при продолжительной работе (в амперах)

Материал	Сечение, мм ²							
	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25
Алюминий	8	11	16	20	24	34	60	80
Железо	–	–	8	10	12	17	30	–
Медь	11	14	20	25	31	43	75	100

¹ Кошкин Н.И., Ширкевич М.Г. Справочник по элементарной физике [Текст]. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – С. 153.



Puc. 21



Puc. 22

Построение графиков (рис. 22) убеждает, что здесь зависимость логарифма предельного значения силы тока от логарифма диаметра проводника далека от прямо пропорциональной зависимости. Следовательно, в этом случае рассмотренная модель требует уточнения (например, необходимо учитывать различную толщину изоляционного материала, «укутывающего» проводник, и т.д.).

Занятие по теме «**Закон Ома для полной цепи. Лабораторная работа "Проверка закона Ома для полной цепи"**» следует начать с разрешения проблемы о невозможности поддержания постоянного электрического тока только «усилиями» электрического поля. Вводится понятие электродвижущей силы (ЭДС), проводится теоретический вывод закона Ома для полной цепи. Получив математическое выражение закона Ома

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r},$$

его можно прокомментировать следующими стихотворными строками:

Считаешь ток от батарей ли, от ГЭС,
 Чтоб был доволен твой преподаватель,
 Ты смело ставь в числитель ЭДС,
 А сумму всех сопротивлений – в знаменатель.

Во второй части занятия проводится лабораторная работа. Проведя измерения силы тока I в цепи и напряжения на реостате, учащиеся вычисляют сопротивление обмотки реостата R , включённой в электрическую цепь, и строят график зависимости:

$$\frac{1}{I} = f(R).$$

Построив график, учащиеся убеждаются: графиком исследуемой зависимости является прямая линия, что подтверждает справедливость закона Ома для полной цепи.

Занятие по теме «**Лабораторная работа "Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока"**» следует начать с физического диктанта или взаимопроса учеников с целью актуализации их знаний по изучаемой теме.

Выполнение лабораторной работы предваряют анализом ряда задач. Особое внимание хотелось бы обратить на задачу 2 из § 21 учебника: «При каком соотношении между внутренним сопротивлением источника тока r и сопротивлением внешней цепи R во внешней цепи будет выделяться наибольшая мощность?». Первоначально анализируют предельные переходы $R \rightarrow 0$ и $R \rightarrow \infty$ и убеждаются, что в обоих случаях мощность P внешней цепи стремится к нулю ($P \rightarrow 0$). Строится эскиз соответствующего графика (рис. 101 в учебнике «Физика-10»), делается вывод о существовании максимума функции $P = f(R)$.

Получив аналитическое выражение для мощности P

$$P = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(R+r)^2},$$

учащиеся сталкиваются с проблемой анализа функции на экстремум. При наличии у них знаний о свойствах первой производной функции эта проблема решается в «режиме автопилота»:

$$P'(R) = 0.$$

В случае отсутствия соответствующих знаний в § 21 показан искусственный приём решения данной проблемы.

Лабораторная работа «Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника» содержит три задания. Для некоторых учащихся можно также предложить определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока методом, который вытекает из решения анализировавшейся выше задачи 2 из § 21 учебника. В этом случае в качестве источника ЭДС следует использовать лабораторный источник питания, внутреннее сопротивление которого искусственно увеличено добавлением (например, проволочной спирали на 2 Ом).

На очередном занятии запланировано повторение изученного материала и самостоятельная работа по теме «Электрический ток». Так как основной целью изучения физики на базовом уровне является не столько получение предметного результата, сколько развитие познавательных способностей учащихся, то и формы повторения учебного материала должны этому соответствовать. Развитие познавательных способностей учащихся идёт эффективно, если задействован исследовательский метод в обучении физике. Покажем это на примере задач, связанных с исследованием и (или) нахождением характеристик неизвестной электрической цепи – «чёрного ящика». Применение таких задач является удачным способом активизации познавательной деятельности учащихся, развития их интереса к учебной работе. Одновременно исследовательские задачи способствуют не только развитию практических навыков учеников, но и позволяют продемонстрировать значимость теоретических знаний для успешного анализа физических ситуаций.

Ниже приведены задачи, составленные автором, на определение характеристик «чёрного ящика».

Задача 1 – задача 4. Перед вами «чёрный ящик» с тремя клеммами. Что в ящике? В вашем распоряжении имеется амперметр, вольтметр, источник постоянного тока, соединительные провода.

(Примечания.)

К задаче 1. В «чёрном ящике» находятся два низкоомных резистора или лабораторных реостата, соединённые так, как показано на рисунке 23.

К задаче 2. В «чёрном ящике» находятся два низкоомных резистора или лабораторных реостата и полупроводниковый диод, соединённые так, как показано на рисунке 24.

К задаче 3. В «чёрном ящике» находятся лабораторный реостат и низковольтная лампа, соединённые так, как показано на рисунке 25.

К задаче 4. В «чёрном ящике» находятся два низкоомных резистора или лабораторных реостата и гальванический элемент 1,5–4,5 В, соединённые так, как показано на рисунке 26.)

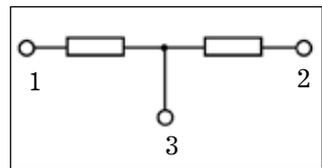


Рис. 23

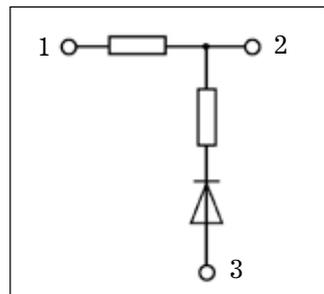


Рис. 24

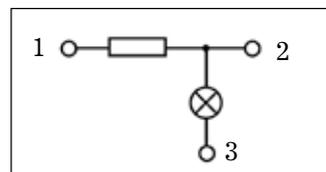


Рис. 25

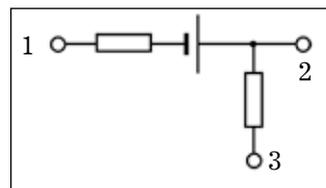


Рис. 26

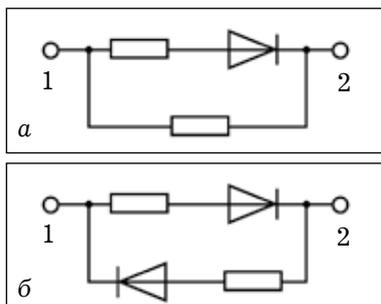


Рис. 27

Задача 5. Перед вами «чёрный ящик» с двумя клеммами. Что в ящике? В вашем распоряжении имеется амперметр, вольтметр, источник постоянного тока, соединительные провода.

(Примечание.

К задаче 5. В «чёрном ящике» находятся два низкоомных резистора или лабораторных реостата и полупроводниковый диод, соединённые так, как показано на рисунке 27, а. Возможен и вариант цепи, показанный на рисунке 27, б.)

Задача 6. В «чёрном ящике» с двумя клеммами находятся резистор и лампа накаливания (она выведена наружу).

1. Как, последовательно или параллельно, соединены резистор и лампа? Начертите схему предполагаемой электрической цепи. Ответ обосновать.

2. Чему равно сопротивление резистора и лампы?

3. Какая мощность выделяется на резисторе и лампе при подключении «чёрного ящика» к источнику тока?

В вашем распоряжении имеется амперметр, вольтметр, источник постоянного тока, соединительные провода.

(Примечание.

К задаче 6. В «чёрном ящике» находятся лабораторный реостат и низковольтная лампа на подставке, соединённые параллельно. Сам «чёрный ящик» легко изготовить из листа плотной бумаги формата А4. Лист перегибают пополам. На нижней части листа располагают реостат и лампу на подставке, соединённые параллельно. К клеммам реостата крепят дополнительно соединительные провода. В верхней части листа делают отверстие, через которое стойка с лампой выводится наружу. Края бумажного листа склеиваются или, что удобнее, соединяются скобами степлера. В итоге за пределами «чёрного ящика» оказываются свободные концы соединительных проводов и стойка с лампой. Аналогичным образом изготавливаются «чёрные ящики» и для других задач. Для повышения «режима секретности» под лист бумаги можно подложить картон.)

Приступая к решению подобных задач, необходимо совместно с учениками выработать некоторые общие приёмы анализа «чёрных ящиков», обобщив их в «Памятке исследователя». (Для учеников с развитыми творческими способностями можно предложить составить подобную «Памятку...» самостоятельно.) В случае, когда исследуются цепи постоянного тока и в распоряжении учащихся имеются источник питания, амперметр и вольтметр, алгоритм исследования может выглядеть следующим образом (см. таблицу).

Что исследуется	Что используется	Действия исследователя	Выводы по результату действия
Наличие в «чёрном ящике» источников ЭДС	Вольтметр	Вольтметр подсоединяют к каждой паре клемм	Если есть источник, то вольтметр позволит определить значение ЭДС и её полярность
Наличие в «чёрном ящике» конденсаторов	Источник тока и вольтметр	Источник через резистор подсоединяют на непродолжительное время к каждой паре клемм, а затем к этой же паре клемм – вольтметр	Если вольтметр покажет некоторое значение напряжения, быстро уменьшающееся с течением времени, то между данной парой клемм имеется конденсатор
Сопротивление участка цепи «чёрного ящика»	Источник тока, амперметр и вольтметр	К паре клемм подсоединяют источник (через резистор) и последовательно с ним амперметр, параллельно подключают вольтметр	Определяют сопротивление между выбранной парой клемм
Наличие односторонней проводимости	Источник тока, амперметр и вольтметр	К паре клемм подсоединяют источник (через резистор) и последовательно с ним амперметр, параллельно подключают вольтметр. Затем полярность подключения источника меняют	Если сопротивление участка существенно меняется при смене полярности источника, то данный участок содержит элемент с односторонней проводимостью
Вольт-амперная характеристика участка цепи «чёрного ящика»	Источник тока, амперметр и вольтметр	К паре клемм подсоединяют источник и последовательно с ним амперметр, параллельно подключают вольтметр. Меняя напряжение источника, измеряют силу тока через участок цепи при разных значениях напряжения на нём	Если ток пропорционален приложенному напряжению, то имеем резистивный участок. В противном случае исследуемый участок содержит нелинейный элемент (например, лампу накаливания)

Организация работы учащихся при решении таких задач может осуществляться следующим образом: ученики выполняют задачу самостоятельно, а в случае возникновения затруднений получают карточку-подсказку. Тем самым сохраняется проблемный характер решаемых задач, но, благодаря подобной дифференциации учащихся при выполнении работы, она становится посильной для всех учеников. В качестве примера приведём содержание карточек-подсказок к задачам 1 и 6.

К задаче 1.

Карточка 1-1.

Выясните, имеются ли внутри «чёрного ящика» гальванические элементы, участки с односторонней проводимостью, нелинейные элементы.

Карточка 1-2.

Измерьте сопротивление между каждой парой клемм. Сделайте вывод о том, как соединены элементы внутри «чёрного ящика».

К задаче 6.

Карточка 6-1.

Подключите «чёрный ящик» к источнику тока, измерьте силу тока через него и напряжение на нём.

Начертите схему электрических цепей в случае последовательного и в случае параллельного соединений резистора и лампы в «чёрном ящике».

Карточка 6-2.

Имеется ли у вас возможность каким-либо способом изменить электрическую цепь «чёрного ящика»? Если да, то как это сделать?

Карточка 6-3.

Допустим, вы удалили (выкрутили) лампу. Будет ли ток в цепи «чёрного ящика» в случае последовательного соединения резистора и лампы? Будет ли ток в цепи «чёрного ящика» в случае параллельного соединения резистора и лампы?

Дайте ответ на первый вопрос задачи.

Карточка 6-4.

Измерьте напряжение на резисторе. Измерьте силу тока через резистор. (Должна ли при этом лампа быть включена в электрическую цепь?) Рассчитайте сопротивление R резистора.

Включите лампу в электрическую цепь. Измерив напряжение на «чёрном ящике» и силу тока через него, рассчитайте общее сопротивление $R_{\text{парал}}$ параллельно соединённых резистора и лампы.

Рассчитайте сопротивление R_{λ} лампы. Используйте формулу для расчёта сопротивления проводников при их параллельном соединении.

Дайте ответ на второй вопрос задачи.

Карточка 6-5.

Для расчёта мощности, выделяющейся на участке цепи, необходимо знать сопротивление участка и напряжение на нём. Дайте ответ на третий вопрос задачи.

Для выполнения *самостоятельной работы по теме «Электрический ток»* можно использовать многовариантные задачи из сборника «Физика. 10–11 классы. «Конструктор» самостоятельных и контрольных работ».

Последующие занятия по разделу «Электрические явления» посвящены рассмотрению физических процессов при прохождении тока в различных средах. В соответствии с поурочным планированием на это отводится 4 двухчасовых занятия.

На первом занятии рассматривается прохождение **тока через вакуум и ток в металлах**. При рассмотрении тока через вакуум первоначально необходимо продемонстрировать явление термоэлектронной эмиссии. В § 22 учебника описывается наглядный и доступный опыт по этой теме, основным элементом которого является двухнитевая автомобильная лампа накаливания. Демонстрация опыта сопровождается постановкой и разрешением соответствующей учебной проблемы.

С практическим применением тока через вакуум в различных электровакуумных приборах учащиеся вполне могут ознакомиться самостоятельно по тексту § 22 учебника.

Далее на занятии рассматривается ток в металлах. С опытом, подтверждающим электронную природу тока в металлах, учащиеся знакомятся самостоятельно, используя рисунок 110 и текст § 23 учебника. Вывод закона Ома для участка цепи в классическом приближении приведён в учебнике в качестве дополнительного материала (уровень «макси»). Но объяснения на качественном уровне типа

$$\begin{aligned}I &\sim v, \\v &\sim a, \\a &\sim F, \\F &\sim E, \\E &\sim U,\end{aligned}$$

следовательно,

$$I \sim U$$

(обозначения стандартные), думается, будут доступны всем учащимся.

Завершается занятие демонстрацией проблемного опыта (см. рис. 111 в учебнике) и выполнением лабораторной работы «Снятие вольт-амперной характеристики лампы накаливания», анализ результатов которой подтверждает вывод о зависимости удельного сопротивления металлов от температуры.

Второе занятие посвящено рассмотрению **тока в газах и электролитах**. Этот материал большей частью знаком ученикам из курса физики 8 класса, поэтому может быть предложен для самостоятельного изучения. Возможна также организация занятия в форме учебного семинара. В заключительной части занятия выполняется лабораторная работа «Определение заряда электрона». Работа основана на электролизе слабого раствора соляной кислоты, в процессе которого на катоде выделяется водород. Для сбора газа используется шприц с обрезанной нижней частью. Это существенно удобнее, чем использовать пробирки. Надавлив на шток, поршень шприца смещают вниз до нулевой отметки. Далее шприц помещают в стеклянный стакан со слабым раствором соляной кислоты и, потянув за шток вверх, производят наполнение шприца раствором. В дальнейшем этот раствор вытесняется водородом (провод, являющийся катодом, помещают вовнутрь шприца).

Третье и четвёртое занятия отводятся на рассмотрение **тока в полупроводниках, свойств p - n -перехода и практического применения полупроводников**. Электропроводность чистых и примесных полупроводников, механизм электронной и дырочной проводимости полупроводников анализируются с точки зрения зонной теории. Такое изложение материала, как показывает педагогическая практика, доступно учащимся 10 класса. Не будем забывать, что определённые квантовые представления о строении атома ими уже получены, в том числе и на уроках физики в 9 классе. Изучение свойств p - n -перехода подкрепляется лабораторной работой «Изучение полупроводникового диода». Также в учебнике (§ 27) рассмотрено устройство фотоэлемента. Несмотря на повсеместное распространение фотоэлементов, об их устройстве школьные учебники, как правило, умалчивают. Рассмотрение свойств фотоэлемента может быть предметом отдельной лабораторной работы или темой учебного проекта (описание соответствующей лабораторной

работы приведено в Приложении 2). Также в учебнике в качестве дополнительного материала, изучаемого на усмотрение учителя, приведено описание устройства транзистора и рассмотрен ключевой режим его работы. В крайнем случае учитель может ограничиться упоминанием того, что транзистор содержит два $p-n$ -перехода, и продемонстрировать опыт по рисунку 151 учебника.

Изучение раздела «Электрические явления» завершается **выполнением теста** и проведением устного **зачёта**, что позволяет осуществить рубежный контроль знаний учащихся.

Раздел 3. Основы магнетизма

На раздел «Основы магнетизма» программой и поурочным планированием отведено 8 часов (4 занятия). При изучении этого раздела учащиеся углубят свои знания о магнитном поле, перейдя от качественного рассмотрения вопросов к количественным оценкам (вводится понятие магнитной индукции, приведены формулы силы Лоренца и силы Ампера). Дальнейшее изучение электромагнетизма будет продолжено в курсе физики 11 класса.

Ввиду высокой абстрактности рассматриваемых в разделе понятий их обязательно нужно вводить с опорой на эксперимент. Занятие по теме «**Магнитное поле**» следует начать с опыта Эрстеда и опытов по взаимодействию токов, известных учащимся из курса физики 8 класса. Проводят сравнение взаимодействия двух неподвижных зарядов и двух токов, напоминают учащимся известный им научный факт существования магнитного поля.

Далее необходимо ввести силовую характеристику магнитного поля – вектор магнитной индукции. В методической литературе, как классической, так и современной, понятие магнитной индукции предлагается вводить одним из способов: по действию магнитной силы на элемент тока, момента силы на рамку с током, магнитного поля на движущийся заряд, с помощью явления электромагнитной индукции. В учебнике физики автор вводит понятие вектора магнитной индукции, опираясь на демонстрацию «сильного» и «слабого» магнитного поля на движущийся заряд (опыты по рисунку 158, а, б учебника). При этом развёрнутого определения вектора магнитной индукции не приводится. Безусловно, это можно посчитать недостатком и проявлением формализма. Но в узких временных рамках базового курса физики, по мнению автора, подобный подход оправдан, т.к. в дальнейшем это формально введённое понятие – «вектор магнитной индукции» – наполняется для учащихся физическим содержанием при выполнении лабораторной работы, анализе демонстрационных экспериментов и т.д.

После введения правила буравчика, устанавливающего направление вектора магнитной индукции, и наблюдения картины силовых линий магнитного поля выполняется лабораторная работа «Изучение магнитного поля». При выполнении задания 1 учащиеся на опыте проверяют правило буравчика. Задание 2 «Изучение зависимости величины магнитной индукции поля катушки-мотка от силы тока в катушке» отнесено в учебнике к дополнительному материалу (уровень «макси»). Но если ограничиться только наблюдением изменения угла поворота стрелки компаса при изменении величины тока в катушке либо при изменении расстояния между катушкой и компасом, то это будет доступно всем школьникам.

На следующих занятиях изучаются **сила Лоренца** и **сила Ампера**. Формула силы Лоренца обосновывается результатами демонстрационного эксперимента (рис. 172–175 учебника), формула силы Ампера

выводится как совокупность сил Лоренца, действующих на заряды, движущиеся в проводнике. В § 29 приведены примеры решения задач на формулу силы Лоренца. При этом в задаче 2 рассматривается устройство и принцип действия простейшего масс-спектрографа; в задаче 3 – принцип селекции заряженных частиц, движущихся в скрещенных электрических и магнитных полях. В § 30 приведено описание лабораторной работы «Изучение силы Ампера и определение магнитной индукции постоянного магнита». В этой работе задание 2 по определению магнитной индукции постоянного магнита отнесено к дополнительному материалу и выполняется только отдельными учениками (уровень «макси»). В § 29 и § 30 приведены примеры практического применения силы Лоренца и силы Ампера (ускорители заряженных частиц, токамаки, измерительные приборы, электродвигатели). Этот материал учащиеся могут изучить самостоятельно либо заслушать сообщения, подготовленные отдельными школьниками. Завершается изучение раздела **самостоятельной работой**, варианты которой учитель может составить, используя пособие «Физика. 10–11 классы. “Конструктор” самостоятельных и контрольных работ».

11 КЛАСС

Раздел 1. Электромагнитные колебания и волны

На изучение раздела «Электромагнитные колебания и волны» программой и поурочным планированием отводится 24 часа (12 занятий). За это время учащиеся должны ознакомиться со свободными и вынужденными электромагнитными и механическими колебаниями, волновыми явлениями и примерами практического применения электромагнитных волн.

На первом уроке изучается **закон электромагнитной индукции**. Само явление электромагнитной индукции и качественное содержание закона электромагнитной индукции как утверждения, что величина вихревого электрического поля определяется быстротой изменения магнитного поля, рассматривалось учащимися в курсе физики 8 класса. Поэтому учащимся демонстрируется опыт (рис. 1 учебника «Физика. 11 класс»), позволяющий вспомнить им данное явление. О практическом применении явления напоминают, демонстрируя работу трансформатора.

Далее вводится понятие «магнитный поток». Формирование понятия проводится в рамках логики обобщённых планов построения ответов¹:

1. Магнитный поток характеризует магнитное поле в некоторой области пространства.

2. Магнитный поток Φ , пронизывающий плоский контур, равен произведению модуля вектора магнитной индукции B на площадь контура S и косинуса угла α между вектором магнитной индукции и перпендикуляром (нормалью) к плоскости контура.

3. $\Phi = BS \cos \alpha$.

4. Магнитный поток – скалярная величина.

5. Единица измерения магнитного потока получила название *вебер*

$$1 \text{ Вб} = 1 \text{ Тл} \cdot 1 \text{ м}^2.$$

6. Способы измерения величины пока не изучались.

Ученикам предлагается описать явление электромагнитной индукции, используя понятие «электромагнитный поток»: в замкнутом проводящем контуре возникает ток при изменении магнитного потока, пронизывающего контур. Это позволяет путём качественных рассуждений подойти к математическому выражению закона электромагнитной индукции в форме

$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

или

$$\mathcal{E} = -\dot{\Phi}(t).$$

Закрепление введённых понятий осуществляется путём решения соответствующих задач (см. раздел «Примеры решения задач» § 1 учебника) и выполнения лабораторной работы «Проверка закона электромагнитной индукции и правила Ленца».

Тема следующего занятия – **явление самоиндукции**. Занятие может быть начато с физического диктанта, позволяющего активизировать ранее изученный материал. Ниже приведены предложения и вопросы,

¹ Напомним: обобщённые планы построения ответов приведены на первом форзаце учебника «Физика», 11 класс.

которые зачитывает вслух учитель и которые не записываются учениками, а в скобках – возможные продолжения предложений и ответы, даваемые учениками.

1. Физическая суть явления электромагнитной индукции заключается в том, что... (переменное магнитное поле порождает вихревое электрическое поле).

2. Магнитный поток – это скалярная физическая величина, равная... (произведению модуля вектора магнитной индукции на площадь контура и косинуса угла между вектором магнитной индукции и перпендикуляром (нормалью) к плоскости контура).

3. Формула, определяющая магнитный поток, имеет вид...

$$(\Phi = Bs \cos \alpha).$$

4. Из формулы, определяющей магнитный поток, выразите...

I вариант

II вариант

Модуль вектора магнитной индукции Площадь контура

5. Используя понятие магнитного потока, явление электромагнитной индукции можно описать следующим образом:... (в замкнутом проводящем контуре возникает ток при изменении магнитного потока, пронизывающего контур).

6. Математическое выражение закона электромагнитной индукции имеет вид:...

$$(\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}, \mathcal{E} = -\Phi'(t)).$$

7. Некоторый контур сопротивлением

I вариант

II вариант

200 Ом

400 Ом

пронизывает магнитный поток, изменяющийся с течением времени по закону

$$\Phi(t) = 0,3 \cos 100 t,$$

$$\Phi(t) = 0,2 \sin 200 t.$$

Запишите, какова зависимость ЭДС индукции, возникающей в контуре, от времени. Определите максимальное значение ЭДС и максимальное значение силы тока в контуре.

После ответа на вопросы физического диктанта учащиеся проводят взаимопроверку выполненной работы (поменявшись работами), сверяя её с эталонами-ответами, предоставленными преподавателем.

Далее учащиеся знакомятся с понятием индуктивности. Для этого организуется их работа с соответствующим разделом § 2 учебника. Им предлагается, используя текст раздела, ответить на вопросы обобщённого плана построения ответа применительно к физической величине индуктивности.

Явление самоиндукции изучается с опорой на демонстрационный эксперимент (рис. 11, 13, 14 учебника), что делает изучение данного явления для учеников доступным и понятным, тем более что с явлением самоиндукции учащиеся уже знакомы в курсе физики 9 класса.

Формулу для расчёта энергии магнитного поля можно получить непосредственно. С одной стороны, в соответствии с законом электромагнитной индукции ЭДС самоиндукции, возникающая при размыкании цепи, равна

$$\mathcal{E} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}. \quad (6.1)$$

С другой стороны, по определению ЭДС как работы сторонних сил (в данном случае – вихревого электрического поля) на единицу перемещённого электрического заряда,

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta A}{\Delta q}. \quad (6.2)$$

Сравнивая формулы (6.1) и (6.2) и учтя, что

$$dq = Idt,$$

имеем

$$dA = - LI dI.$$

Но работа вихревым электрическим полем совершается благодаря убыли энергии магнитного поля W :

$$dA = - dW.$$

Тогда

$$dW = LI dI$$

и окончательно имеем:

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

Однако в учебнике для определения формулы расчёта энергии магнитного поля катушки с током использован метод аналогии. Помимо тех слов Д.-К. Максвелла, что вынесены в эпиграф к § 2 учебника, можно также напомнить его высказывание о соотношении физики и математики: «Человеческий ум редко бывает удовлетворён и, конечно, не выполняет своей наивысшей функции, когда производит работу счётной машины. Учёный, математик ли он или физик, стремится составить себе и развить ясное представление о предметах, с которыми он имеет дело. Для этого он согласен проделать длинные вычисления и даже сделаться на некоторое время вычислительной машиной, если тем самым он делает свои идеи в конечном счёте более ясными. Но если он видит, что ясные идеи нельзя получить с помощью процессов, этапы которых он, наверное, забудет, прежде чем придёт к заключению, то гораздо лучше будет, если он обратится к другому методу и попытается понять предмет исследования при помощи удачно выбранных иллюстраций, взятых из более близких ему областей.

Мы не знаем, насколько иллюстративный метод изложения популярнее, чем метод, в котором главное место занимают голые рассуждения и расчёты.

Истинно научный иллюстративный метод есть метод, который позволяет понять какое-либо представление или закон одной отрасли науки с помощью представления или закона, взятых из другой отрасли, и который, отвлекаясь вначале от различия физической природы реальных явлений, направляет мысль на овладение математической формой, общей соответствующим идеям в обеих науках.

Точность такого иллюстративного метода зависит от того, действительно ли аналогичны по форме обе сравниваемые системы идей или, другими словами, действительно ли соответствующие физические величины принадлежат к одному и тому же математическому классу. При соблюдении этого условия метод иллюстрации весьма удобен для лёгкого и приятного обучения науке; но помимо того признание формальной

аналогии между двумя системами идей приводит к более глубокому познанию обеих, чем познание, которое можно было получить, изучая каждую систему в отдельности»¹.

Завершается занятие по теме «Явление самоиндукции» анализом примеров решения задач, приведённых в § 2 учебника.

Занятия по теме «**Свободные колебания**» следует начать с демонстрации различных колебательных систем, в которых возможны свободные колебания, и напомнить учащимся основные величины, характеризующие колебания. Результаты этой работы можно представить в виде сводной таблицы:

Физическая величина	Обозначение	Единица измерения	Формула, связывающая данную величину с другими

Далее анализируются свободные электромагнитные колебания. Из наблюдения осциллограммы свободных электромагнитных колебаний делается вывод о гармоническом характере колебаний и, используя закон сохранения энергии, получают выражение для круговой частоты и периода свободных электромагнитных колебаний. Аналогичным образом приходят к формуле периода колебаний груза на пружине. Формула для расчёта периода колебаний математического маятника (известна учащимся из курса физики 9 класса) сообщается ученикам в «готовом виде». Такой подход к рассмотрению свободных колебаний, безусловно, математически не является строгим. Более основательный теоретический анализ малых свободных колебаний и доказательство гармонического характера таких колебаний вынесен в § 3 учебника в дополнительный материал (уровень «макси»).

Дальнейшее изучение свободных колебаний проходит на следующем занятии, где решаются **расчётные и экспериментальные задачи по теме «Свободные колебания»**, выполняется лабораторная работа «Изучение колебаний тела, плавающего в жидкости». В начале занятия уместно проведение физического диктанта и взаимопроса (работа в парах) с целью повторения изученного на предыдущем занятии материала. Далее учеников знакомят с классификацией задач по теме «Свободные колебания», приведённой в 1-м разделе § 4 учебника; они решают задачи и выполняют лабораторную работу. При выполнении последней следует обратить внимание на ограниченный характер использованной в ней модели колебаний, что обусловлено пренебрежением силами сопротивления, которые не являются малыми и приводят к быстрому затуханию колебаний. По этой причине в лабораторной работе проводится качественная, а не количественная проверка зависимости периода колебаний от параметров системы.

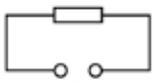
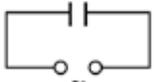
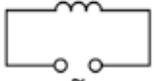
Так как рассматриваемые при изучении свободных колебаний понятия являются основой для дальнейшего изучения колебательных и волновых процессов, то запланировано время на **повторение материала и проведение самостоятельной работы**.

¹ Максвелл Д.-К. Речи и статьи [Текст] / перевод под редакцией В.Ф. Миткевича. – М.-Л. : Гостехиздат, 1940. Классики естествознания. Математика, механика, физика, астрономия. – С. 13, 14.

Рассмотрение **вынужденных колебаний** начинают с анализа вынужденных электрических колебаний, возникающих при вращении рамки в магнитном поле. Проводят сравнение вынужденных и свободных колебаний. При расчёте средней мощности, выделяющейся в цепи переменного тока, вводятся понятия действующего значения силы тока и действующего значения напряжения. Вопросы, связанные с производством, трансформацией и передачей переменного тока, учащиеся могут изучить самостоятельно под руководством учителя либо заслушать соответствующие сообщения одноклассников и ответить (письменно или устно) на вопросы по теме каждого из выступлений. Информация о системе трёхфазного тока отнесена в учебнике к дополнительному материалу; однако, учитывая высокую практическую значимость этого вопроса, учителю следует найти возможность для ознакомления учащихся с ним хотя бы в минимальном объёме, опустив математические доказательства равенства нулю тока в нулевом проводе при симметричной нагрузке фаз.

Во второй части занятия рассматриваются вынужденные механические колебания связанных маятников и явление резонанса. В качестве дополнительного материала (уровень «макси») в учебнике приведён математический анализ вынужденных колебаний, происходящих в колебательной системе в отсутствие трения под действием внешней гармонической силы.

Обсуждение вопроса о возможности резонанса для случая вынужденных электрических колебаний (переменного тока) возможно после **рассмотрения процессов на участках цепи переменного тока, содержащих резистор, конденсатор, катушку индуктивности**. Полезно представить результаты данной работы в виде обобщающей таблицы:

Участок цепи переменного тока	Условное обозначение, схема	Физические процессы, происходящие на участке	Формула закона Ома на участке цепи	Формула для расчёта сопротивления участка
Резистивный		Выделение тепловой энергии	$I = \frac{U}{R}$	$R = \rho \frac{l}{s}$
Ёмкостный		Периодическая зарядка и разрядка конденсатора	$I = \frac{U}{X_C}$	$X_C = \frac{1}{\omega C}$
Индуктивный		Явление самоиндукции	$I = \frac{U}{X_L}$	$X_L = \frac{1}{\omega L}$

Далее учащимся демонстрируют явление резонанса в цепи переменного тока (рис. 48 учебника). Ими разрешается учебная проблема: «Контур настроен в резонанс. Почему, если изменить условия опыта и уменьшить число витков катушки, включённой в цепь (уменьшив тем самым сопротивление катушки), то накал лампы не увеличивается, а наоборот, уменьшается?» Рассматриваются примеры практического применения резонанса.

При повторении изученного материала может быть организовано, например, соревнование «Последняя формула» – учащиеся по очереди на классной доске записывают формулы, имеющие отношение к изучаемой теме; комментируют, какие физические величины входят в данную формулу, какова единица их измерения и для описания какого физического явления применяется данная формула. **Самостоятельная работа** проводится преподавателем по вариантам, которые можно скомпоновать, используя пособие «Физика. 10–11 классы. “Конструктор” самостоятельных и контрольных работ».

Тема следующего занятия «**Волны**». Так как этот учебный материал уже отчасти знаком учащимся из курса физики 9-го класса, то может быть организована самостоятельная работа учащихся с текстом первых двух разделов § 7 учебника. В процессе этой работы они отвечают на вопросы:

1. Что такое волна?
2. Какие типы волн существуют?
3. В чём принципиальное отличие механических волн от электромагнитных волн?
4. Что такое звук? Какие характеристики звука вам известны?
5. Что называют длиной волны? Как длина волны зависит от скорости распространения волны и периода (частоты) колебаний?
6. Перечислите известные вам волновые явления.

Анализ вопросов 1–5 можно сопроводить демонстрацией волновой машины (продольные и поперечные волны), демонстрацией зависимости громкости и высоты звука от амплитуды и частоты колебаний соответственно. Волновые явления изучают, используя комплект для демонстрации свойств электромагнитных волн (рис. 57, а, б, 58, 59, 60, а, б, 67, 69, а, б). При этом особое внимание уделяют явлению интерференции (формулируются условия максимума и минимума при интерференции), а также поляризации волн. В качестве дополнительного материала в § 7 учебника рассмотрена экспериментальная задача по определению скорости электромагнитных волн при рассмотрении интерференции волн. Безусловно, данная задача имеет высокую познавательную ценность, и следует найти возможность рассмотреть если не решение задачи, то сам метод определения скорости.

Примеры **практического применения электромагнитных волн** широко известны, и их рассмотрение не представляет трудности для учителя. Может быть, например, организован учебный семинар по данной теме.

Завершается изучение раздела «**Электромагнитные колебания и волны**» **повторением и обобщением материала**, проведением **теста** и **устного зачёта**.

Раздел 2. Геометрическая и волновая оптика

На изучение раздела «Геометрическая и волновая оптика» программой и поурочным планированием отведено 16 часов (8 занятий). Как известно, оптика – раздел физики, в котором изучается оптическое излучение (свет), процессы его распространения и явления, наблюдаемые при взаимодействии света и вещества. По традиции оптику принято подразделять на геометрическую, физическую и физиологическую¹. В школьном курсе физики разные подходы к определению содержания и структуры раздела «Оптика». Согласно традиционной структуре, материал изучается в исторической последовательности. Вначале изучается геометрическая оптика, затем основы волновой теории света, далее вводится понятие о его электромагнитной природе, а затем рассматриваются квантовые свойства света.

Современная методика предлагает излагать материал не в исторической последовательности, а в соответствии с природой света. «Согласно этой структуре, сразу же после изучения основных идей Максвелла и ознакомления с методами излучения и приёма радиоволн вводятся основные идеи волновой оптики. Геометрическая оптика рассматривается как предельный случай волновой оптики и используется для рассмотрения простейших оптических приборов.

Вслед за волновой оптикой изучается квантовая оптика, а проблема возникновения линейчатых спектров испускания и поглощения рассматривается в связи со строением атома»².

Последний «методический маршрут» предпочтителен при изучении курса физики на профильном уровне. Ввиду того что нами рассматривается методика изучения базового курса физики и с учётом того, что ряд оптических понятий изучался учениками в курсе физики 9-го класса, выбрана следующая структура раздела:

- указывается, что свет – электромагнитное излучение определённого диапазона.

- рассматриваются законы геометрической оптики. При этом изучается, в отличие от курса физики 9-го класса, математическое выражение закона преломления света. Это позволяет изложить соответствующий учебный материал на более высоком научном уровне.

- изучаются волновые явления (дисперсия света, рассеяние света, интерференция и дифракция света).

Вопросы, связанные с процессами излучения света веществом и взаимодействия света и вещества, в которых проявляется квантовая

¹ Физический энциклопедический словарь [Текст]/ гл. ред. А.М. Прохоров, Ред. колл. Д.М. Алексеев, А.М. Бонч-Бруевич, А.С. Боровик-Романов и др. – М. : Сов. энциклопедия, 1984. – С. 489.

² Глазунов А. Т. и др. Методика преподавания физики в средней школе: Электродинамика нестационарных явлений. Квантовая физика: Пособие для учителя [Текст]; под ред. А. А. Пинского. – М. : Просвещение, 1989. – С. 87.

природа света, рассматриваются в следующем разделе – «Элементы теории относительности и квантовой физики».

Занятие «**Законы геометрической оптики**» начинается рассмотрением вопроса об электромагнитной природе оптического излучения. Этот материал учащиеся прорабатывают самостоятельно по тексту § 9 учебника, так же, как и законы геометрической оптики – закон прямолинейного распространения света и закон отражения света. При организации данной работы могут быть использованы следующие вопросы:

1. Какова природа света?
2. Укажите границы оптического диапазона.
3. Какие диапазоны электромагнитного излучения вам известны?
4. Что такое световой луч?
5. Что является предметом изучения геометрической оптики?
6. Как формулируется закон прямолинейного распространения света?
7. Какие физические и астрономические явления служат доказательством прямолинейного распространения света?
8. Как формулируется закон отражения света?
9. Что такое мнимое изображение предмета и как оно возникает в случае плоского зеркала? Ответ пояснить ходом световых лучей.
10. Что такое диффузное отражение? Это физическое явление имеет огромное практическое значение. Почему?

Далее анализируется такая физическая величина, как абсолютный показатель преломления. Ответы на вопросы обобщённого плана построения ответа о физической величине в данном случае выглядят так:

1. Абсолютный показатель преломления характеризует оптические свойства вещества.

2. Абсолютный показатель преломления вещества – эта величина, равная отношению скорости света в вакууме к скорости света в этом веществе.

$$3. n = \frac{c}{v}.$$

4. Абсолютный показатель преломления – скалярная величина.

5. Является безразмерной величиной.

6. Способы измерения абсолютного показателя преломления будут рассмотрены при дальнейшем изучении явления преломления света.

Необходимо обратить внимание на то, что с целью минимизации используемой научной терминологии понятие «относительный показатель преломления» не вводится и в учебнике не рассматривается. По этой причине в формулировке закона преломления света и математическом выражении закона фигурирует только абсолютный показатель преломления:

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta.$$

Исходя из математического выражения закона преломления света, прогнозируется явление полного отражения света и выводится формула для расчёта предельного угла полного отражения. Конечно же, рассмотрение всех указанных выше оптических явлений сопровождается соответствующими демонстрационными экспериментами.

Завершается занятие выполнением лабораторной работы «Определение абсолютного показателя преломления стекла». Содержание данной лабораторной работы шире её названия и не сводится к определению значения некоторой физической величины, которое и так известно

из справочников. При выполнении первого задания лабораторной работы ученики измеряют углы преломления при различных значениях углов падения светового луча. По результатам выполненных измерений строится график зависимости $\sin \beta = f(\sin \alpha)$ и делается вывод о справедливости закона преломления. Убедившись в правомерности этого закона, учащиеся проводят расчёт абсолютного показателя преломления стекла. Третье задание лабораторной работы позволяет пронаблюдать полное отражение света на границе «стекло–воздух» и определить абсолютный показатель преломления стекла, используя значение предельного угла полного отражения.

Следующее занятие – «**Линзы: их свойства и применение**». Этот материал также в значительной степени знаком учащимся. В ходе беседы с классом вводится необходимая оптическая терминология (оптический центр линзы, главная оптическая ось, главный фокус линзы, выпуклые и вогнутые линзы, собирающие и рассеивающие линзы, оптическая сила линзы). При этом внимание учеников обращают на то, что собирающий характер выпуклых стеклянных линз вытекает из закона преломления света. Если пустую прозрачную пластиковую бутылку или закрытую крышкой пустую стеклянную банку поместить в аквариум с водой и направить параллельный пучок света, то можно продемонстрировать, что в этом случае выпуклая «линза» является рассеивающей. Рассмотрение хода световых лучей в линзах, вывод формулы линзы, как и анализ примера решения задачи на применение линзы, не вызывает затруднений у учащихся. Строение глаза ученики могут также изучить самостоятельно либо заслушав выступления одного-двух учеников, в которых будет рассмотрено строение глаза, проанализирована оптическая схема глаза и рассмотрены такие дефекты зрения, как близорукость и дальновидность, показаны пути их устранения с помощью очков. Завершается занятие практической работой «Определение разрешающей способности глаза».

При **решении расчётных и экспериментальных задач по теме «Геометрическая оптика»** рассматриваются задачи, представленные в § 11 учебника. Представляет интерес задача 2, в которой рассматривается основной элемент волоконной оптики – волновой световод. В задаче 3 анализируется пословица «Не зная броду, не суйся в воду». Результаты решения этой задачи можно использовать для определения абсолютного показателя преломления стекла. Для этого на листе бумаги необходимо сделать метку S и, поставив на лист стеклянную пластинку, рассматривать метку сверху в вертикальном направлении (рис. 28). Метка будет казаться ближе, чем она есть на самом деле. На боковой листовой грани можно отметить карандашом кажущееся положение метки S' . Измерив высоту стеклянной пластинки h и расстояние кажущегося положения метки до верхней грани h' , можно вычислить абсолютный показатель преломления стекла.

Во второй части занятия выполняется лабораторная работа «Определение фокусного расстояния и оптической силы собирающей линзы». Лабораторная работа содержит три задания, различающиеся по сложности и уровню проблемности.

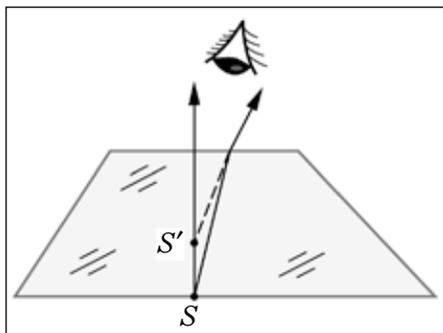


Рис. 28

Изучение геометрической оптики завершается повторением и **самостоятельной работой по теме «Геометрическая оптика»**.

К рассмотрению волновых свойств оптического излучения учащиеся приступают с изучения **явления дисперсии**. История открытия явления дисперсии и опыты по наблюдению этого явления, выполненные И. Ньютоном, им известны. По этой причине основные усилия преподавателю необходимо приложить к объяснению явления дисперсии, исходя из электромагнитной природы света. Попытка такого объяснения на качественном уровне предпринята в § 12 учебника, где волна, распространяющаяся в веществе, трактуется как результат наложения исходной электромагнитной волны и волн, излучаемых возбуждённым веществом. При этом указывается, что амплитуда вынужденных колебаний электронов вещества, а значит, и излучаемые ими электромагнитные волны определяются частотой «вынуждающей силы». В итоге амплитуда распространяющейся в веществе волны и её скорость зависят от частоты падающей на вещество электромагнитной волны.

Далее рассматривается, как явление дисперсии света совместно с явлением полного отражения приводит к такому оптическому явлению, как образование радуги.

В качестве дополнительного материала в § 12 учебника приведены сведения о явлении рассеяния. Несмотря на жёсткий лимит времени, отведённый на рассмотрение волновой природы света, весьма желательно рассмотреть с учащимися это явление, которое «ответственно» за голубой цвет неба и красный цвет Солнца при восходе или закате.

Во второй части занятия рассматривается **поляризация света**. Педагогическая практика показывает: восприятие этого явления учащимися в случае, если оно подкреплено демонстрационным экспериментом и ссылкой на опыты по поляризации электромагнитных волн, которые учащиеся наблюдают при изучении электромагнитных волн, не вызывает затруднений.

Следующее занятие посвящено изучению **явления интерференции света**. В начале занятия следует напомнить, в чём заключается явление интерференции волн. Уместно повторить опыт по интерференции электромагнитных волн (см. рис. 65 учебника). Следует напомнить, каковы условия интерференционного максимума и минимума. Далее анализируется опыт Юнга (рис. 29). В качестве источника света следует использовать лазер, излучение которого обладает, по сравнению с обычным источником, высокой степенью монохроматичности и яркостью. Лазерное излучение является пространственно когерентным по всему сечению пучка. По этой причине, если ширины пучка хватает, то обходятся без первого экрана с отверстием O и для увеличения яркости наблюдаемой интерференционной картины вместо точечных отверстий O_1 и O_2 используют узкие параллельные друг другу щели. Это позволяет наблюдать значительное количество интерференционных полос.

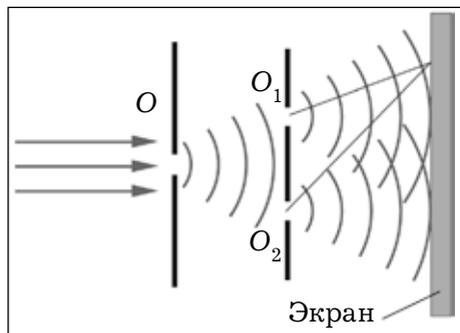


Рис. 29

Раздел «Интерференция в природе и технике» из § 14 может быть предложен учащимся для самостоятельного изучения. Изучаемый в этом разделе материал частично знаком ученикам из курса физики 9-го класса (за исключением вопроса, связанного с просветлением оптики).

Завершается занятие выполнением лабораторной работы «Наблюдение интерференции света».

При рассмотрении **дифракции света** также начинают с примеров дифракции механических (звуковых) и электромагнитных волн. Демонстрируют картины дифракции света в случае различных препятствий на пути световых волн; подчёркивают, что явление дифракции – это интерференционный эффект. Анализируют ограничения, налагаемые волновой природой света на применение законов геометрической оптики (качественно). Вопрос о методе расчёта дифракционных картин (зоны Френеля) рассмотрен в § 15 учебника в качестве дополнительного материала (уровень «макси»). Практическое применение явления дифракции света рассматривается на примере дифракционной решётки. Выводится формула, определяющая положение максимумов, даваемых дифракционной решёткой:

$$d \sin \varphi = k\lambda.$$

Применение данной формулы уместно проиллюстрировать определением длины волны света в рамках демонстрационного опыта, в ходе которого измеряется расстояние от дифракционной решётки с известным периодом до экрана, на котором наблюдается максимум, а также определяется расстояние от центрального максимума до первого или второго максимума. Проводя расчёт длины волны (например, красного цвета) сравнивают полученный результат с табличным значением.

Завершают занятие лабораторной работой по наблюдению дифракции света.

Итоги изучения раздела «Геометрическая и волновая оптика» подводят на заключительном занятии, в ходе которого учащиеся выполняют **тест** и устно сдают **зачёт**.

Раздел 3. Элементы теории относительности и квантовой физики

На изучение раздела «Элементы теории относительности и квантовой физики» программой и поурочным планированием отводится 16 часов (8 занятий). В этом разделе излагаются некоторые сведения о современных физических теориях – специальной (частной) теории относительности и квантовой физики, которые, образно говоря, объединяет то, что они описывают материальный мир в случае «экстремальных условий» (СТО) и в масштабах микромира (квантовая физика). Основная проблема для школьника, изучающего этот раздел, заключается не в сложном математическом аппарате, сопровождающем современную физику (в учебнике рассматриваются те физические идеи, изложение которых в основном обходится без высшей математики). Основная проблема заключается в психологическом барьере, который мешает принять результаты СТО и квантовой физики как противоречащие здравому смыслу. Но здравый смысл – это то, что формируется нашим обычным жизненным опытом. Очевидно, что в нашем распоряжении нет и не будет жизненного опыта наблюдения окружающей действительности при скорости, близкой к скорости света или в микромире.

Первое занятие данного раздела посвящено изложению **постулатов специальной теории относительности**. Первоначально рассматривается принцип относительности в механике, учащимся напоминают формулировку первого закона Ньютона и понятие инерциальной системы отсчёта. Далее приводится аргументация, восходящая к Эйнштейну, о правомерности принципа относительности применительно не только к механическим, но и любым природным явлениям. Преподавателю в этой связи будет интересна книга: А. Эйнштейн. О специальной и общей теории относительности (общедоступное изложение). Перевод с 12-го издания. Под редакцией проф. С.Я. Лившица. – М. : Государственное издательство, 1922, электронную версию которой не составляет труда найти в Интернете.

Затем учащимся сообщается о независимости скорости света в вакууме от скорости источника света. Этот парадоксальный с точки зрения обыденных представлений факт подтверждается современным экспериментом, описанным в учебнике. Авторы эксперимента отмечают: «Мало кто знает, что своё первое знаменитое отрицание существования "эфирного ветра" Майкельсон сделал в 1881 г. на основании весьма шатких наблюдений: достигнутая точность измерений лишь немного превышала величину эффекта, ожидаемого на основе гипотезы о "неподвижном светонесном эфире". (Неудивительно, что Эйнштейн отрекся от этого опыта как экспериментального факта, вдохновившего его на создание СТО.) В дальнейших экспериментах были получены существенно более определённые результаты. ...Дальнейшее уточнение этих результатов вскоре стало малоактуальным ввиду множества

совершенно неоспоримых свидетельств справедливости СТО, накопленных по мере развития ядерной физики с её инструментарием ускорителей, само инженерное воплощение которых было бы невозможным без использования теории относительности. Это знание, однако, оставалось уделом профессионалов, в то время как популярные изложения СТО по-прежнему апеллировали к исторической традиции подтверждения теории лишь экспериментами Майкельсона. Именно этот разрыв понимания меры обоснованности СТО между профессионалами и широкой публикой подвиг президента Академии наук СССР С.И. Вавилова в середине прошлого века наметить проект демонстрации независимости скорости света от скорости источника в эксперименте "первого порядка": Вавилов планировал прямое измерение скорости света, испущенного быстро движущимся источником, в отличие от косвенных измерений в опыте Майкельсона, в котором ожидаемый эффект пропорционален квадрату отношения v/c скорости источника v к скорости света c .

К этому времени постулат о независимости скорости света прямо подтверждался только астрономическими наблюдениями двойных звёзд. По идее де Ситтера, в случае зависимости скорости света от скорости источника траектории движения двойных звёзд должны были бы качественно отличаться от наблюдаемых (согласующихся с небесной механикой). Однако этот аргумент де Ситтера встретил возражение, связанное с учётом роли межзвёздного газа, который в качестве преломляющей среды рассматривался как вторичный источник света. С этой точки зрения, свет, испущенный движущимся источником, теряет «память» о скорости первичного источника по мере распространения в межзвёздной среде. ...

С.И. Вавилов предложил своему докторанту А.М. Бонч-Бруевичу спроектировать установку, в которой источником света являлся бы пучок быстрых возбуждённых атомов. В процессе детальной проработки плана эксперимента оказалось, что нет шансов получить надёжный результат, поскольку при технике тех дней нельзя было рассчитывать на получение пучков с нужной скоростью и плотностью ... Опыт не был осуществлён. После безвременной смерти С.И. Вавилова в 1951 г. план эксперимента был пересмотрен по инициативе Г.С. Ландсберга, который предложил сравнивать скорости света, испускаемого двумя экваториальными краями вращающегося Солнца. А.М. Бонч-Бруевич полвека спустя писал: "Это предложение лишало опыт его первоначальной красоты, но, по-видимому, было единственной возможностью довести его, хотя бы и в сильно деформированном виде, до конца". И действительно, результат этого опыта не мог рассматриваться как доказательство независимости скорости света от скорости источника, потому что свет Солнца перед измерением пропускался через стеклянный объектив телескопа, что, по логике концепции переизлучения света преломляющей средой, приводило к уравниванию скоростей двух пучков света (не говоря уже о влиянии земной атмосферы)...

Представляется, что пришло время вернуться к предложению С.И. Вавилова. Теперь его можно реализовать "в первоначальной красоте", потому что сегодня физика имеет в руках чрезвычайно яркий ультрарелятивистский источник. Это синхротронный излучатель, в котором источником света служит сгусток электронов, движущийся по искривлённой траектории со скоростью, очень близкой к скорости света. В этих условиях легко измерить скорость испущенного света в

безукоризненном лабораторном вакууме. По логике баллистической гипотезы эта скорость должна быть равна удвоенной скорости света от неподвижного источника! Это весьма грубый эффект, обнаружение которого (в случае его существования) не потребовало бы специальных ухищрений. Действительно, достаточно просто измерить время прохождения световым импульсом мерного отрезка в вакуумированном пространстве.

Откладывая пока обсуждение деталей и конкретных вариантов эксперимента, имеет смысл суммировать аргументы в пользу целесообразности самой постановки такого опыта. Разумеется, для профессиональных физиков нет никаких сомнений в ожидаемом результате. В этом смысле опыт бесполезен. Однако прямая демонстрация постоянства скорости света имеет большую дидактическую ценность, ограничивая почву для дальнейших спекуляций о недоказанности основ теории относительности. Физика в своём развитии постоянно возвращалась к воспроизведению и уточнению основополагающих экспериментов, осуществляемых с привлечением новых технических возможностей. В данном случае не ставится цель уточнить скорость света. Речь идёт о восполнении исторической недоработки в экспериментальном обосновании истоков СТО, что должно облегчить восприятие этой достаточно парадоксальной теории. Можно сказать, что речь идёт о демонстрационном опыте для будущих учебников физики»¹.

Формулируются постулаты теории относительности и рассматриваются:

- относительность одновременности;
- относительность расстояний;
- относительность промежутков времени;
- релятивистский закон сложения скоростей.

Проводится анализ формулы релятивистского сложения скоростей и показывается, что она находится в полном согласии со вторым постулатом специальной теории относительности.

На следующем занятии, посвящённом изложению СТО, рассматриваются **основы релятивистской динамики**. Указывается, что выражение для импульса тела p в СТО имеет вид

$$p = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

где m – масса тела;

v – его скорость относительно некоторой инерциальной системы координат.

Исходя из предположения, что на тело действует постоянная сила F в течение времени t , устанавливают, что зависимость скорости тела от времени имеет вид

$$v = \frac{\frac{F}{m}t}{1 + \frac{F^2 t^2}{m^2 c^2}}.$$

¹ Александров Е.Б., Александров П.А., Запасский В.С., Корчуганов В.Н., Стирин А.И. Эксперименты по прямой демонстрации независимости скорости света от скорости движения источника (демонстрация справедливости второго постулата специальной теории относительности Эйнштейна) [Текст]. Успехи физических наук. – 2011. – Т. 181. – № 12. – С. 1345–1351.

Анализ последней зависимости подтверждает, что скорость света в вакууме является максимально возможной скоростью физического объекта.

Далее рассматривается взаимосвязь массы и энергии, вводится понятие, которое не существует в классической механике, – энергия покоя E_0 , которая определяется выражением

$$E_0 = mc^2,$$

где m – масса тела.

В этой связи следует остановиться на порою до сих пор используемом понятии «релятивистская масса» и рассмотрении «зависимости массы от скорости». Интересно проследить эволюцию этого понятия в методической и учебной литературе:

1. «Дело в том, что представление об инвариантности массы является ограниченным. В области релятивистских скоростей импульс \vec{p} и в релятивистской механике определяется формулой

$$\vec{p} = m\vec{v},$$

но под массой m нужно понимать так называемую релятивистскую массу

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}^1.$$

2. «Величину

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

называют релятивистской массой. В настоящее время понятия «релятивистская масса» и «собственная масса тела» применять не рекомендуется. Лучше во всех формулах писать релятивистский множитель в явном виде, а под массой понимать то же самое, что и в ньютоновской механике»².

3. «В отличие от безмассовых частиц, движущихся с абсолютной скоростью, существуют частицы, которые всегда движутся со скоростью, меньшей абсолютной. Скорость таких частиц может изменяться в широких пределах от нуля до любого значения $v < c$. Это свойство частиц определяется наличием у них массы. Назовём их *массовыми частицами*. Масса есть их индивидуальная (собственная) характеристика и поэтому является инвариантом; иными словами масса частицы абсолютна: она не зависит от выбора инерциальной системы отсчёта, а значит, и от скорости движения частицы»³.

¹ Яворский Б.М. Основные вопросы современного курса физики : Пособие для учителей [Текст]. – М. : Просвещение, 1980. – С. 78.

² Глазунов А.Г., Нурминский И.И., Пинский А.А. Методика преподавания физики в средней школе: Электродинамика нестационарных явлений. Квантовая физика : Пособие для учителя [Текст] / под ред. А.А. Пинского. – М. : Просвещение, 1989. – С. 140.

³ Глазунов А.Г., Кабардин О.Ф., Малинин А.Н. и др. Физика. 11 класс : учеб. для общеобразоват. организаций и шк. с углублённым изучением физики : Профил. уровень [Текст] / под ред. А.А. Пинского, О.Ф. Кабардина. – 10-е изд., перераб. РАО, РАН. – М. : Просвещение, 2009. – С. 196.

Вопрос о том, почему не следует вводить зависимость массы от скорости или же релятивистскую массу, подробно проанализирован в известном пособии В. А. Угарова¹ «Специальная теория относительности», который резюмирует анализ фразой: «Подводя итоги, можно сказать, что инвариантная масса покоя имеет бесспорные преимущества, а релятивистская масса, ничего не прибавляя по существу, служит источником многих недоразумений». Также можно обратиться к заметке «“Релятивистская” кружка» академика РАН Л. Б. Окуня. «Заметка в основном адресована школьным преподавателям, а часть её – тем университетским профессорам, которые позволяют себе говорить, что масса тела растёт с ростом его скорости или импульса, и тем самым вводят в заблуждение школьных преподавателей и их учеников»².

Рассмотрение **элементов квантовой физики** начинается с того, что учащимся напоминают причины, побудившие М. Планка сформулировать идею квантов излучения. Записывается формула для расчёта энергии кванта, использование релятивистской «теоремы Пифагора»

$$E^2 = E_0^2 + p^2c^2$$

позволяет вывести формулу для расчёта импульса кванта. Рассмотрение вопроса о корпускулярно-волновом дуализме отнесено к дополнительному материалу (уровень «макси»). Далее изучаются линейчатые спектры, учащиеся вспоминают, в чём заключается метод спектрального анализа, и знакомятся с вопросом о световом давлении.

Основные же усилия необходимо сосредоточить на рассмотрении явления фотоэффекта как сугубо квантового эффекта, теория которого была построена А. Эйнштейном. Уравнение фотоэффекта

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}$$

применяют для объяснения существования красной границы фотоэффекта, других закономерностей фотоэффекта.

В заключительной части занятия рассматривается принцип действия лазеров. Этот вопрос может стать темой творческого проекта учащихся, посвящённого рассмотрению примеров практического применения лазеров.

Тема следующего занятия – **«Ядро атома. Радиоактивность»** – не является новой для учащихся. Достаточно полно эти вопросы рассматривались в курсе физики 9-го класса. Часть учебного материала (строение ядра атома, изотопы, явление радиоактивности) может быть изучена учениками самостоятельно в процессе работы с текстом § 19 учебника.

Рассмотрение закона радиоактивного распада предваряется лабораторной работой «Моделирование процесса радиоактивного распада», что позволяет учащимся осознать вероятностный характер закона радиоактивного распада. В качестве дополнительного материала в тексте параграфа приведены сведения о методах радиоактивной датировки.

Занятие по теме **«Ядерная энергия. Ядерная энергетика»** позволяет продемонстрировать, как быстро достижения современной науки

¹ Угаров, В. А. Специальная теория относительности [Текст]. – М. : Наука, 1997. – С. 342.

² Окунь Л. Б. «Релятивистская» кружка. Физика. 1 сентября. Научно-методическая газета для учителей: физика, астрономия, естествознание. – 2011. – № 1 (920). – С. 36–39.

«трансформируются» в технологические прорывы, изменяющие подчас не только техническое состояние современной человеческой цивилизации, но и сам ход истории. «Достижения физики в XIX в. сравнительно медленно входили в технику. Например, между открытием Фарадеем явления электромагнитной индукции (1831 г.) и созданием генераторов электрической энергии, основанных на этом явлении, прошло около 40 лет. В XX в. ситуация совершенно изменилась. Например, между опытами О. Гана и Ф. Штрассмана, открывших деление урана в 1938 г., и созданием первого ядерного реактора прошло всего около четырёх лет. Резкое сокращение времени между физическими открытиями и их практическим применением является характерной особенностью развития современной физики»¹.

Второй момент, который необходимо обсудить – вопрос о моральной ответственности за того «джинна», что они могут «выпустить из бутылки». Вот, например, какими словами описано испытание первой атомной бомбы: «Никто не видел первой вспышки атомного пламени. Видно было только его ослепительно белое сияние, отражённое от неба и холмов. Те, кто рискнул затем повернуть голову, заметили блестящий огненный шар, становившийся всё больше и больше. “Великий Боже! Сдаётся, что эти волосатые парни потеряли контроль”, – воскликнул старший офицер. Карсон Марк, один из наиболее выдающихся членов Теоретического отдела, действительно подумал (хотя сознание подсказывало ему, что такая вещь невозможна), что огненный шар не перестанет расти, пока не охватит всё небо и землю. В этот момент каждый забыл о том, что намеревался делать. ...

Даже такой холодный и рассудочный человек, как Энрико Ферми, пережил глубокое потрясение. А ведь в последние недели на все возражения своих коллег во время дискуссий он постоянно отвечал: “Не надоедайте мне с вашими терзаниями совести! В конце концов, это – превосходная физика!” Никогда до сих пор он никому не позволял садиться за руль своей машины. Но на этот раз он признался в том, что не в состоянии сам вести машину, и попросил товарища сделать это за него. ...

По-видимому, генерал Гровс первым овладел собой. Когда один из учёных кинулся к нему чуть ли не со слезами, заявляя, что взрыв уничтожил все его наблюдательные и измерительные приборы, Гровс подбодрил его: “Вот и отлично, если приборы не смогли устоять, значит, взрыв был достаточно силён. А это как раз то, что мы и хотели узнать”»².

Множество вопросов, в первую очередь обусловленных экологическими проблемами, вызывает и целесообразность развития атомной энергетики. Недаром эпиграфом к параграфу выбраны слова, приписываемые П. Л. Капице: «АЭС – это атомная бомба, дающая электричество». Эти вопросы также следует сделать темой дискуссии с учениками.

Рассмотрению элементарных частиц предшествует занятие по теме «**Детекторы частиц**». Помимо традиционных разделов (описание камеры Вильсона, счётчика Гейгера) в § 21 учебника в качестве дополни-

¹ Яворский Б. М. Основные вопросы современного курса физики : Пособие для учителей [Текст]. – М. : Просвещение, 1980. – С. 4.

² Юнг Р. Ярче тысячи солнц [Текст]. – М. : Государственное издательство литературы в области атомной науки и техники, 1961. – С. 172, 173.

тельного материала, который будет интересен учащимся, приведены сведения о современном детекторе частиц (детектор ATLAS Большого адронного коллайдера).

На занятии также выполняется лабораторная работа «Изучение треков заряженных частиц по готовым фотографиям». Содержание работы адаптировано под уровень базового курса физики и включает, как и в большинстве лабораторных работ, не одно, а несколько заданий. В данном случае таких заданий четыре. Первые три задания достаточно просты. Последнее же носит проблемный характер. Например, в первой части задания необходимо определить начальную скорость протона. Так как начальная кинетическая энергия протона (1,8 МэВ) существенно меньше энергии покоя протона (938,3 МэВ), то можно воспользоваться формулой кинетической энергии классической механики. Во второй части задания необходимо определить скорость и кинетическую энергию протона на заключительном участке его траектории, что требует измерения радиуса кривизны траектории протона, движущегося в магнитном поле.

Занятие по теме «**Элементарные частицы и фундаментальные взаимодействия**» можно начать с организации самостоятельной работы по разделу «Две с половиной тысячи лет поисков» § 22 учебника. Результаты этой работы ученики могут оформить в виде таблицы

Основная физическая идея, открытие	Дата	Автор (авторы) идеи, открытия

Далее рассматривается современная классификация элементарных частиц и виды фундаментальных взаимодействий. В качестве дополнительного материала (уровень «макси») излагаются сведения о Стандартной модели, её достижениях и проблемах физики сегодняшнего дня.

Изучение раздела «**Элементы теории относительности и квантовой физики**» завершается выполнением **теста** и проведением устного **зачёта**.

Раздел 4. Основы астрофизики

На изучение раздела «Основы астрофизики» программой и поурочным планированием отводится 10 часов (5 занятий). Ситуацию, в которой находится астрономическое образование в России, иначе как парадоксальной не назовёшь. С одной стороны, осознаётся безусловная ценность астрономических знаний в формировании научного мировоззрения, системы научного познания природы, развития познавательных возможностей учащихся. С другой стороны, к 2009 году, объявленному Генеральной ассамблеей ООН Международным годом астрономии, астрономия окончательно выпала из школьных предметов и даже учебников по этой дисциплине мы не увидим в Федеральном перечне учебников. С одной стороны, ещё учёные-методисты начала XX в. указывали, что «Космография, являясь изложением главных законов космоса, охватывает физический мир в целом.... В курсе космографии... перед учащимися происходит совместное действие различных физических, химических и механических законов.... Космография приобретает высокую эстетическую ценность, правильно преподаваемая, она внушает мысль о непреложности законов природы, невольно приковывает к себе интерес молодого ума и рождает у него массу новых вопросов, ... и не только может эти вопросы рождать, но и отвечать на них... Таким образом, цели преподавания элементарной астрономии или космографии: а) обобщение законов механики, физики и углубления их в представлении учащихся; б) сообщение приведённых в систему фактических сведений об окружающем мире»¹. С другой стороны, современное школьное астрономическое образование держится на плечах немногочисленных энтузиастов, фактически лишённых государственной поддержки их образовательной и просветительской миссии.

В этой ситуации даже введение астрономии в качестве обязательного предмета в учебный план школы не изменит положения. Ведь вузовских кафедр, которые бы готовили преподавателей астрономии, больше нет, нет корпуса профессиональных преподавателей. Какие же шаги можно предпринять в этой ситуации? По мнению одного из авторов учебника по астрономии для средней школы А.В. Засова, наибольший интерес к астрономическим явлениям ученики проявляют в возрасте 11–12 лет. Но в этом возрасте они не знают физики и математики на нужном для серьёзного изучения этой науки уровне. Возможно, стоило бы начинать изучение астрономических явлений именно в этом возрасте на «описательном» уровне. В старших же классах преподавать астрономию только в школах с профильным физико-математическим обучением. Если добавить к этому усилия по выпуску доступной и качественной научно-популярной литературы, ограничив засилье «астрологических» прогнозов и тому подобных венаучных измышлений в

¹ Труды Всероссийского совещания преподавателей физики, химии и космографии [Текст] / под ред. А.А. Глаголевой, Е.Е. Дьякова, С.Н. Жаркова и др. – М., 1918. – С. 216–225.

средствах массовой информации, а также развернуть систему заочного и дистанционного астрономического образования молодёжи, то можно надеяться, что с течением времени процент граждан России, считающих, что Солнце вращается вокруг Земли, а первыми космонавтами были Белка и Стрелка, уменьшится.

В рассматриваемом разделе «Основы астрофизики» автором учебника предпринята попытка изложить основные астрофизические знания, составляющие ядро астрономических знаний, следующим образом. В качестве вектора изложения выбрано направление от «большого» к «малому» (в астрономическом смысле этого слова): происхождение и эволюция Вселенной–галактики–звёзды–Солнечная система. При выборе такой последовательности изложения фактического материала мы следуем эволюционным путём: от возникновения Вселенной до образования Солнечной системы. Это позволит проследить возникновение и развитие различных иерархических уровней организации материи.

На занятии по теме «**Происхождение и эволюция Вселенной**» устанавливается предмет науки космологии; сообщается, что теоретическую основу современной космологии составляет общая теория относительности А. Эйнштейна. Уже сам Эйнштейн в качестве экспериментального подтверждения общей теории относительности указывал, что «лучи света в пределах полей тяготения по общему правилу распространяются по кривой линии».¹ (Требуемое теорией отклонение света было фотографически установлено во время солнечного затмения 30 мая 1919 г. двумя экспедициями, снаряжёнными Королевским обществом под руководством астрономов Эддингтона и Кроммелина.) Ещё одно доказательство общей теории относительности получено при изучении Меркурия. «Согласно Ньютоновой теории, планеты движутся вокруг Солнца по эллипсису, который вечно охранял бы своё положение относительно неподвижных звёзд, если бы можно было бы отвлечься от влияния других планет на рассматриваемую планету и от собственного движения неподвижных звёзд. Поэтому, если внести поправку в наблюдаемое движение планет на оба эти влияния, то путь планеты должен представить в отношении к неподвижным звёздам неменяющийся эллипсис, при условии, что теория Ньютона совершенна верна. Вывод этот, который может быть проверен с огромной точностью, подтвердился в отношении всех планет, кроме ближайшей к Солнцу планеты, Меркурия, со всей доступной для современного способа наблюдения точностью. Что же касается планеты Меркурий, то о ней мы знаем со времени Леверье, что эллипсис его пути, исправленный в только что указанном смысле, не остаётся неизменным по отношению к неподвижным звёздам, но вращается, хотя и чрезвычайно медленно, в плоскости своей орбиты в направлении своего движения. Величина этого вращательного движения эллипсиса была определена в 43 угловых секунды в 100 лет с точностью до нескольких секунд. Объяснение этого явления в классической механике могло быть достигнуто только на основе, исключительно на этот случай созданных, мало вероятных гипотез.

Согласно же общей теории относительности получается, что эллипсис пробега каждой планеты вокруг Солнца необходимо должен вращаться

¹ Эйнштейн А. О специальной и общей теории относительности (общедоступное изложение). Перевод с 12-го издания под ред. проф. С.Я. Лившица [Текст]. – М. : Государственное издательство, 1922. – С. 48.

указанным выше образом, но что это вращение у всех планет, кроме Меркурия, слишком мало для того, чтобы могло быть установлено при ныне доступной точности наблюдения, у Меркурия же оно должно равняться 43 угловым секундам в 100 лет, именно так, как это показывает и наблюдение»¹.

«Кроме этого до сих пор могло быть извлечено из теории ещё одно следствие, доступное проверке опытом, а именно: перемещение спектра света, посылаемого к нам большими звёздами, по сравнению со светом, произведённым на Земле соответствующим источником (т. е. тем же родом молекул). Я не сомневаюсь, что это следствие теории найдёт скоро своё подтверждение»².

Далее рассматриваются основные свойства Вселенной, формулируется космологический принцип и закон Хаббла. Анализируется вопрос, как закон Хаббла позволяет оценить возраст Вселенной. Излагаются основные элементы модели горячей Вселенной. Основным выводом, которые должны сделать учащиеся, заключается в том, что наблюдаемая нами Вселенная не является статическим объектом, а эволюционирует.

Сценарии эволюции Вселенной отнесены в учебнике к дополнительному материалу (уровень «макси»), но следует выделить время, чтобы ознакомить с этим вопросом учащихся (с той долей полноты, что допускает отведённое на это время и познавательные способности учащихся).

Рассмотрение **галактик** начинается в § 24 учебника с изложения материала, посвящённого крупномасштабной структуре Вселенной. Этот материал представлен как дополнительный и может не рассматриваться. Достаточно ограничиться воспроизведением рисунков 196 и 197 учебника, сопроводив его словами, что незначительные неоднородности плотности в расширяющейся Вселенной приводят к образованию ячеистой структуры, наблюдаемой астрономами. Ячейки – не последняя стадия в развитии эволюционирующей Вселенной, и через миллиарды лет «стенки» ячеек распадутся на отдельные шарообразные сгущения.

Далее учащиеся знакомят с общими характеристиками галактик и типами галактик. Сообщаются сведения о нашей галактике, последние результаты, полученные астрономами при её изучении. В ядрах галактик, по мнению астрономов, находятся экзотические астрономические объекты – чёрные дыры. Используя метод размерности, проводят оценку радиуса чёрной дыры.

Следующим классом астрономических объектов являются **звёзды**. С основными характеристиками звёзд (видимая звёздная величина, светимость, абсолютная звёздная величина, химический состав звёзд, температура, размер звёзд и их масса) учащиеся могут ознакомиться в процессе самостоятельной работы с текстом § 25 учебника. Основным вопросом, рассматриваемым при изучении звёзд, – это эволюция звёзд. Учащиеся узнают, что, во-первых, время жизни звезды зависит от её массы; во-вторых, большая часть времени звезды – стационарный режим постоянной светимости; в-третьих, на финише эволюции звезда превращается в гиганта; в-четвёртых, финал жизни звезды определяется тем, какова её масса в этот момент.

¹ *Эйнштейн А.* О специальной и общей теории относительности (общедоступное изложение). Перевод с 12-го издания под ред. проф. С. Я. Лившица [Текст]. – М.: Государственное издательство, 1922. – С. 63, 64.

² Там же. С. 64.

Далее рассматриваются различные типы переменных звёзд (цефеиды, затменно-переменные звёзды, новые звёзды).

Изучение **Солнечной системы** начинается с рассмотрения вопроса о происхождении и эволюции нашей планетной системы. Необходимо отметить, что в последние десятилетия Солнечная система потеряла статус уникального астрономического объекта – в том плане, что открыто множество экзопланет (внесолнечных планет, вращающихся вокруг звезды за пределами Солнечной системы). Общее количество экзопланет в Млечном Пути составляет порядка 100 миллиардов, из которых от 5 до 20 миллиардов, возможно, являются «землеподобными». Большинство открытых экзопланет обнаружено не путём прямого наблюдения, а с использованием различных методов косвенного детектирования (например, путём измерения радиальной скорости звезды *методом Доплера*). Планета и звезда обращаются вокруг общего центра масс, и движение звезды вызывает доплеровское смещение спектра звезды. *Транзитный метод* – уменьшение светимости звезды при прохождении планеты по диску звезды. *Прямые наблюдения* экзопланет с помощью наземных и космических телескопов в настоящее время невозможны, но астрономы возлагают в этом отношении самые серьёзные надежды на новый космический телескоп, который придёт на смену космическому телескопу «Хаббл», – космический телескоп имени Джеймса Вебба, запуск которого запланирован на 2018 год (НАСА, Европейское и Канадское космические агентства). Телескоп будет иметь составное зеркало диаметром 6,5 м (для сравнения – диаметр КТХ составляет 2,4 м).

Далее рассматривается система «Земля–Луна», даётся обзор планет земной группы и планет-гигантов.

При рассмотрении законов движения планет анализируются законы Кеплера. Отметим, что в тексте § 26 не приводится вывод третьего закона Кеплера. Это можно сделать в упрощённом варианте круговых орбит, используя закон всемирного тяготения и второй закон Ньютона. Также можно получить этот результат, используя метод размерностей.

Завершается занятие обзором картины звёздного неба, выяснением причин её суточной и сезонной изменчивости. Безусловно, полезным здесь будет проведение практического занятия во внеурочное время для выполнения визуальных и телескопических наблюдений наиболее характерных объектов звёздного неба.

Завершающее занятие по разделу «Основы астрофизики» – **зачёт**. Возможно также проведение вместо зачётного занятия учебной конференции по одной из тем, вызывающих интерес учащихся:

- Солнечно-земные связи.
- Условия существования и пути развития земной цивилизации.
- Одиноки ли мы во Вселенной?
- Астрология – наука или лженаука?
- История космонавтики.
- Достижения современной астрономии.

Причём оценивается, во сколько раз разность x_i и \bar{x} больше стандартного отклонения S_x , т. е.,

$$Z = \frac{(x_i - \bar{x})}{S_x}.$$

Стандартное отклонение S_x является мерой отклонения результатов от среднего.

Для его расчёта сначала находится величина, называемая суммой квадратов отклонения от среднего арифметического SS_x :

$$SS_x = \sum_i (x_i - \bar{x})^2.$$

Для практического использования при расчёте SS_x удобно применять формулу

$$SS_x = \sum_i x_i^2 - \frac{1}{N}(\sum_i x_i)^2.$$

Далее находится дисперсия баллов испытуемых S_x^2 :

$$S_x^2 = \frac{SS_x}{N - 1},$$

а затем определяется стандартное отклонение S_x

$$S_x = \sqrt{S_x^2}.$$

Z-шкала весьма удобна для анализа результатов испытания учеников, т.к. позволяет определить место, занимаемое учеником в классе по результатам данного испытания.

Одиннадцатибалльная шкала

В этой шкале весь массив испытуемых учеников делится на 11 частей с интервалом в половину стандартного отклонения. Значениям баллов шкалы можно приписать оценочный словесный эквивалент, и тогда соотношение между Z и одиннадцатибалльными шкалами будет следующим:

Оценка	Баллы	Оценочный словесный эквивалент
>2,25	11	Высшая оценка
2,25 ÷ 1,76	10	Отлично
1,75 ÷ 1,26	9	Очень хорошо
1,25 ÷ 0,76	8	Хорошо
0,75 ÷ 0,26	7	Выше среднего
0,25 ÷ -0,24	6	Средне
-0,25 ÷ -0,74	5	Ниже среднего
-0,75 ÷ -1,24	4	Малоудовлетворительно
-1,25 ÷ -1,74	3	Плохо
-1,75 ÷ -2,24	2	Очень плохо
< -2,24	1	Низшая оценка

Лабораторная работа «Изучение полупроводникового фотоэлемента»

В настоящее время вопросы фотометрии в школьном курсе физики не рассматриваются, а потому, как правило, не находит применения прибор по фотометрии, ранее выпускавшийся промышленностью и сохранившийся во многих кабинетах физики (1, с. 402). За пределами физического практикума остаётся и соответствующая лабораторная работа «Исследование зависимости силы фототока от освещённости» (23, с.161), где использовался прибор по фотометрии, основной деталью которого является селеновый фотоэлемент. Нет работы по изучению фотоэлемента и в (3) – (5). И только в физическом практикуме для классов с углублённым изучением физики имеется работа «Определение КПД солнечной батареи» (6, с. 133). Изучение же свойств и принципа действия полупроводниковых элементов, безусловно, представляет интерес, т.к. они широко применяются в автоматике и телемеханике, при оптических, астрофизических, космических исследованиях. Фотоэлементы являются основой солнечных батарей – устройств, непосредственно преобразующих энергию солнечной радиации в электрическую. Основными параметрами и характеристиками полупроводникового фотоэлемента являются:

– *Световая (интегральная) чувствительность (S)* – отношение фототока к вызывающему его световому потоку при короткозамкнутых выводах. Световая чувствительность составляет у селеновых фотоэлементов 600–700 мкА/лм, у германиевых – $3 \cdot 10^4$ мкА/лм.

– *Спектральная чувствительность (S)* – величина, определяющая диапазон длин волн оптического излучения, в котором возможно использование данного фотоэлемента. У кремниевых фотоэлементов спектральная чувствительность составляет 400–1100 нм, у германиевых – 500–2000 нм.

– *Величина фототока и фотоЭДС.* У полупроводниковых фотоэлементов значения фототока могут достигать при оптимальной нагрузке (в расчёте на 1 см² освещаемой поверхности) нескольких десятков мА, а фотоЭДС – нескольких сотен мВ.

– *КПД, или коэффициент преобразования солнечного излучения,* – отношение электрической мощности, развиваемой фотоэлементом в номинальной нагрузке, к падающей световой мощности. КПД лучших образцов фотоэлементов достигает 15–20 %.

Ниже приведена инструкция к лабораторной работе физического практикума по изучению полупроводникового фотоэлемента. К первому заданию даны достаточно подробные указания (описание прибора заимствовано из [3, с. 174–176]). Степень самостоятельности при выполнении остальных заданий существенно выше, приводится только формулировка задания с минимальным комментарием. Большое количество заданий позволит учителю дифференцировать работу с учащимися, предложив им выполнить именно те задания, что соответствуют их учебному потенциалу и уровню развития творческих способностей, а также бюджету времени, отведённому на выполнение работ.

Цель работы: выяснить, от каких факторов зависит сила тока, даваемого фотоэлементом.

Приборы и материалы: прибор по фотометрии с селеновым фотоэлементом, источник питания, реостат, микроамперметр постоянного тока на 100 мкА, ампервольтметр, соединительные провода.

Введение

Полупроводниковый фотоэлемент – прибор, в котором в результате поглощения энергии падающего на него света вырабатывается ЭДС, и в цепи фотоэлемента возникает ток. Фотоэлементы широко применяются в устройствах автоматики, при оптических, астрофизических, космических исследованиях. Они являются, например, основой солнечных батарей – устройств, непосредственно преобразующих энергию солнечного излучения в электрическую и служащих источником электропитания космических летательных аппаратов.

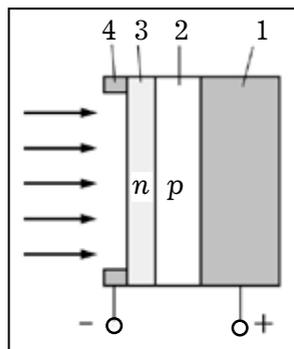


Рис. 1

В лабораторной работе применяется селеновый фотоэлемент (рис. 1). Он состоит из железной пластинки круглой формы 1, покрытой слоем селена 2, на который нанесён полупрозрачный слой золота 3. От железной пластинки и плёнки золота (на неё положено контактное кольцо 4) сделаны отводы к зажимам, с помощью которых фотоэлемент включают в электрическую цепь. В результате специальной обработки часть атомов золота проникает в селен, обладающий дырочной проводимостью, и образует в нём слой с электронной проводимостью.

На границе раздела двух слоёв с различным видом проводимости создаётся электронно-дырочный переход. При освещении фотоэлемента в селене образуются свободные носители заряда, которые под действием электрического поля электронно-дырочного перехода разделяются: электроны накапливаются в электронном полупроводнике, а дырки – в дырочном. В результате на зажимах фотоэлемента возникает ЭДС. Если фотоэлемент подключить к гальванометру и осветить, то в цепи возникает фототок. Прибор (рис. 2), с которым выполняют данную работу, представляет собой горизонтально расположенную пластмассовую

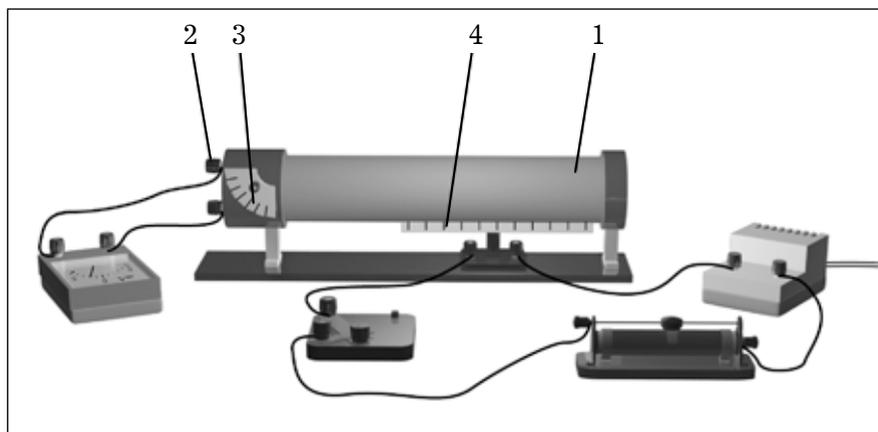


Рис. 2

коробку 1; в левой части коробки находится селеновый фотоэлемент, который соединён гибкими проводами с двумя зажимами 2. При помощи рукоятки 3 фотоэлемент можно поворачивать вокруг горизонтальной оси на 90° . Ось вращения проходит по диаметру активной поверхности фотоэлемента. Угол поворота определяют по шкале угломера, укрепленного на поверхности корпуса прибора. На корпусе прибора укреплена шкала 4 с делениями от 0 до 30 см, причём нулевое деление шкалы совпадает с плоскостью чувствительного слоя фотоэлемента.

Ход работы:

Задание 1. Выясните, как зависит сила тока, даваемого фотоэлементом, от расстояния до источника света.

Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений (табл. 1).

Таблица 1

Расстояние между фотоэлементом и лампой r , см									
Сила фототока I , мкА									
Обратный квадрат расстояния $1/r^2$, см ⁻²									

2. Ознакомьтесь с устройством прибора.

3. Расположите фотоэлемент прибора перпендикулярно к оси трубы и соедините его зажимы с микроамперметром (рис. 2).

4. Присоедините к источнику тока через выключатель и реостат электрическую лампу и установите её внутри прибора на расстоянии 10 см от фотоэлемента; реостатом подберите такой накал нити лампы, чтобы стрелка микроамперметра отклонилась на всю шкалу.

5. Увеличивайте расстояние между лампой и фотоэлементом и через каждые 2 см измеряйте силу тока. Результаты измерения занесите в таблицу.

6. Постройте график зависимости силы фототока I от расстояния r и график зависимости силы фототока I от обратного квадрата расстояния $1/r^2$ (значение силы фототока отложите по вертикальной оси). Сделайте вывод.

Контрольные вопросы:

1. Как устроен селеновый фотоэлемент?

2. Как следует изменить расстояние от лампы до фотоэлемента, чтобы сила тока увеличилась в 4 раза? Накал лампы неизменен.

Задание 2. Выясните, как зависит сила фототока от угла падения пучка света на фотоэлемент.

Для получения параллельного пучка лучей, падающих на фотоэлемент, используйте собирающую линзу с фокусным расстоянием 8,5 см (прилагается к прибору). Постройте график зависимости силы фототока от угла падения и график зависимости силы фототока I от косинуса угла падения. Сделайте вывод.

Задание 3. Выясните, как зависит сила фототока от мощности электрического тока, потребляемого лампой накаливания.

Постройте соответствующий график. Для измерения силы тока и напряжения на лампе можно воспользоваться ампервольтметром или аналогичным прибором.

Охарактеризуем эффективность K работы фотоэлемента отношением силы фототока I , даваемого элементом, к мощности P , потребляемой источником света (лампочкой):

$$K = I/P.$$

Задание 4. Выясните, как зависит коэффициент эффективности от мощности, потребляемой источником света (лампочкой).

Постройте соответствующий график. Дайте объяснение полученному результату.

Примечание.

Из курса физики известно, что мощность P теплового излучения нагретого тела определяется четвёртой степенью его абсолютной температуры T (закон Стефана – Больцмана):

$$P \sim T^4.$$

Список литературы

1. Учебное оборудование по физике в средней школе. Пособие для учителей / под ред. А. А. Покровского. – М. : Просвещение, 1973.
2. Буров, В.А. Практикум по физике в средней школе: Дидакт. материал / В. А. Буров, Ю. И. Дик, Б. С. Зворыкин и др.; под ред. А. А. Покровского. – 2-е изд. – М. : Просвещение, 1982.
3. Анциферов, Л.И. Практикум по физике в средней школе: Дидакт. материал; пособие для учителя / Л. И. Анциферов, В. А. Буров, Ю. И. Дик и др.; под ред. В. А. Букова, Ю. И. Дика. – 3-е изд., перераб. – М. : Просвещение, 1987.
4. Кабардин, О. Ф. Лабораторные работы по физике для средних профессионально-технических училищ. Учебное пособие / О. Ф. Кабардин и др. – М. : Высшая школа, 1976.
5. Дик, Ю.И. Физический практикум для классов с углублённым изучением физики: Дидакт. материал: 9–11 кл. / Ю. И. Дик, О. Ф. Кабардин, В. А. Орлов и др.; под ред. Ю. И. Дика, О. Ф. Кабардина. – М. : Просвещение, 1993.
6. Дик, Ю.И. Физический практикум для классов с углублённым изучением физики : 9–11 классы / Ю. И. Дик, О. Ф. Кабардин, В. А. Орлов, и др.; под ред. Ю. И. Дика, О. Ф. Кабардина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Просвещение, 2002.
7. Электроника: Энциклопедический словарь / гл. ред. В. Г. Колесников. – М. : Советская энциклопедия, 1991. См., в частности, статьи «Фотоэлектрические явления», «Фотоэлемент», «Солнечная батарея».

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ БАЗОВОГО КУРСА ФИЗИКИ В СТАРШИХ КЛАССАХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УМК ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ.....	9
ПРОГРАММА «ФИЗИКА», 10 – 11 КЛАССЫ (базовый уровень).....	30
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К РАЗДЕЛАМ УЧЕБНИКА	
10 класс	
Введение в курс физики 10-го и 11-го классов.....	59
Раздел 1. Молекулярная физика	62
Раздел 2. Электрические явления.....	74
Раздел 3. Основы магнетизма.....	97
11 класс	
Раздел 1. Электромагнитные колебания и волны	99
Раздел 2. Геометрическая и волновая оптика.....	105
Раздел 3. Элементы теории относительности и квантовой физики.....	110
Раздел 4. Основы астрофизики.....	117
<i>Приложение 1.</i> Методические указания по работе с тестовыми заданиями	121
<i>Приложение 2.</i> Лабораторная работа «Изучение полупроводникового фотоэлемента»	123

Андрюшечкин Сергей Михайлович

**УРОКИ ФИЗИКИ
в 10–11 классах
Базовый уровень**

Методические рекомендации для учителя

Подписано в печать 04.07.16. Формат 70×108/16.
Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура Журнальная.
Объём 8 п.л. Тираж 3 000 экз. Заказ №

Общероссийский классификатор продукции ОК-005-93, том 2;
953005 – литература учебная

Издательство «Баласс». 109147 Москва, Марксистская ул., д. 5, стр. 1
Почтовый адрес: 111123 Москва, а/я 2, «Баласс»
Телефоны для справок: (499) 110-69-68, (495) 368-70-54, 672-23-12
<http://www.school2100.ru> E-mail: izd@balass.su

Отпечатано в филиале «Смоленский полиграфический комбинат»
ОАО «Издательство “Высшая школа”»
214020 Смоленск, ул. Смольянинова, 1