

**И. Г. Власова  
В. А. Касьянов**

# ФИЗИКА

# 11

**класс**

УГЛУБЛЁННЫЙ УРОВЕНЬ

Методическое пособие к учебнику В. А. Касьянова

3-е издание, стереотипное

Москва  
«Просвещение»  
2022

УДК 373.5.016:53  
ББК 74.262.22  
В58

Издание выходит в pdf-формате.

Пособие адресовано учителям, работающим по учебнику «Физика. Углублённый уровень. 11 класс» автора В. А. Касьянова. В нём даны методические рекомендации по изучению тем курса физики 11 класса, тематическое и поурочное планирование с методическими рекомендациями к каждому уроку на 5 часов физики в неделю. В методических рекомендациях к решению задач приведено решение наиболее сложных задач. В приложении приводится тематическое и поурочное планирование на 3 и 4 часа физики в неделю.

Учебное издание

**Власова Ирина Геннадьевна**  
**Касьянов Валерий Алексеевич**

**Физика**

**11 класс**

УГЛУБЛЁННЫЙ УРОВЕНЬ

Методическое пособие к учебнику В. А. Касьянова

Центр физики и астрономии  
Ответственный за выпуск *И. Г. Власова*

Дата подписания к использованию 15.02.2022.

Акционерное общество «Издательство «Просвещение».

Российская Федерация, 127473, г. Москва,  
ул. Краснопролетарская, д. 16, стр. 3, этаж 4, помещение I.

Адрес электронной почты «Горячей линии» — [vopros@prosv.ru](mailto:vopros@prosv.ru).

ISBN 978-5-09-103029-7

© АО «Издательство «Просвещение», 2021

© Художественное оформление.

АО «Издательство «Просвещение», 2021

Все права защищены

---

# Предисловие

Пособие адресовано учителям, работающим по учебнику «Физика. Углубленный уровень. 11 класс» автора В. А. Касьянова. В нем даны методические рекомендации по изучению тем курса физики 11 класса, тематическое и поурочное планирование, варианты самостоятельных работ и кратковременной контрольной работы «Эволюция Вселенной», а также ответы к контрольным работам. В методических рекомендациях к решению задач приведено решение наиболее сложных задач (4, 5).

В курсе физики 11 класса продолжается дальнейшее изучение электромагнитного взаимодействия, определяющего структуру вещества на атомных масштабах, связывающего электроны и ядра в атомы и молекулы. Рассмотрение движения заряженных частиц, основных законов постоянного электрического тока, магнетизма и электромагнетизма позволяет изучить теорию излучения и поглощения электромагнитных волн радио- и СВЧ-диапазона. Анализ квантовой теории атома дает возможность объяснить спектры излучения и поглощения больших частот, которые невозможно создать с помощью колеблющегося заряженного диполя. Распространение длинноволнового и коротковолнового электромагнитного излучения анализируется соответственно в разделах волновой и геометрической оптики.

Изучение волновых свойств микрочастиц позволяет перейти к изучению структуры вещества на пространственных масштабах от  $10^{-14}$  до  $10^{-15}$  м и энергиям порядка 10 МэВ и рассмотреть физику атомного ядра и ядерные реакции.

Дальнейшая детализация структуры элементарных частиц возможна лишь при использовании результатов опытов, полученных на современных ускорителях, разгоняющих частицы до энергий  $10^{-4}$  эВ, постепенно приближающихся к энергиям порядка  $10^{27}$  эВ, соответствовавшим началу Большого взрыва. Последовательность рассмотрения курса физики в предлагаемой программе как бы обратна временной последовательности Большого взрыва. Обсуждение в заключительной части курса основных периодов эволюции расширяющейся Вселенной формирует целостное представление об окружающем мире. Рассмотрение взаимосвязи физики элементарных частиц и космологии логически завершает программу курса.

В соответствии с предлагаемой программой курс физики 11 класса должен способствовать достижению следующих результатов:

— знание основ современных физических теорий (понятий: электрический ток, магнитное взаимодействие, электромагнитная индукция, колебательный контур, электромагнитная волна, интерференция, дифракция, фотоэффект, протонно-нейтронная модель ядра, радиоактивность, элементарные частицы, фундаментальные частицы, переносчик взаимодействия, астрономические структуры, Вселенная; теоретических моделей: модель Фридмана; законов: Ома для однородного проводника, Ома для замкнутой цепи с одним и несколькими источниками, Фарадея, Ампера, отражения волн, преломления, теплового излучения: Вина и Стефана—Больцмана, фотоэффекта, сохранения лептонного и барионного зарядов, Хаббла; принципов: Гюйгенса, Гюйгенса—Френеля и Паули, постулатов Бора);

— знание смысла физических величин: сила тока, ЭДС, сопротивление проводника, мощность электрического тока, вектор магнитной индукции, магнитный поток, индуктивность контура, магнитная проницаемость среды, коэффициент трансфор-

магии, фаза колебаний, действующее значение силы переменного тока, ток смещения, время релаксации, емкостное сопротивление, индуктивное сопротивление, коэффициент усиления, поток энергии и плотность потока энергии электромагнитной волны, интенсивность электромагнитной волны, абсолютный показатель преломления среды, угол полного внутреннего отражения, преломляющий угол призмы, линейное увеличение оптической системы, поперечное увеличение линзы, расстояние наилучшего зрения, угловое увеличение, время и длина когерентности, геометрическая разность хода интерферирующих волн, период и разрешающая способность дифракционной решетки, работа выхода, красная граница фотоэффекта, энергия ионизации, удельная энергия связи, период полураспада, активность радиоактивного вещества, энергетический выход ядерной реакции, коэффициент размножения нейтронов, критическая масса, доза поглощенного излучения, коэффициент качества;

— систематизация научной информации (теоретической и экспериментальной);

— выдвижение гипотез, планирование эксперимента или его моделирование;

— оценка достоверности естественно-научной информации, возможности ее практического использования, в частности, для обеспечения безопасности жизнедеятельности, для защиты окружающей среды;

— оценка погрешности измерений, совпадения результатов эксперимента с теорией, понимания границ применимости физических моделей и теорий.

На изучение курса физики по предлагаемой программе отводится 175 ч (5 ч в неделю). В целях формирования экспериментальных умений в программе предусмотрена система фронтальных лабораторных работ и лабораторный практикум.

Основной акцент при обучении делается на научный и мировоззренческий аспекты образования по

физике, являющиеся важнейшим вкладом в создание интеллектуального потенциала страны.

В учебно-методический комплекс входит электронная форма учебника. Процесс обучения с использованием интерактивного пособия позволяет выстроить индивидуальную траекторию обучения, осуществить самоконтроль и самооценку.

Единый комплекс с учебником составляет тетрадь для лабораторных работ, в которую включены восемь лабораторных работ по следующим темам: «Электродинамика», «Электромагнитное излучение» и «Физика высоких энергий».

Комплекс предусматривает возможность многоуровневого использования. Если на изучение предмета отводится 3 ч в неделю, то учащиеся выполняют 5 лабораторных работ, проводится 11 контрольных работ.

Если на изучение предмета отводится 4 ч в неделю, то учащиеся выполняют 8 лабораторных работ, проводится 11 контрольных работ.

Возможность многоуровневого использования комплекса помогает решить проблему мобильности учащихся, т. е. позволяет учащимся общеобразовательных школ, гимназий, лицеев, переходящим в среднюю (полную) школу гуманитарного или физико-математического профиля, легко адаптироваться к курсу физики; адекватно подготовиться к единому государственному экзамену.

## **Планируемые результаты освоения курса**

ФГОС основного и среднего общего образования провозглашают в качестве целевых ориентиров общего образования достижение целостной совокупности личностных, предметных и метапредметных образовательных результатов.

Личностные образовательные результаты (достижения) учащихся являются системообразующим фактором при формировании предметных и мета-

предметных результатов и определяют линию развития субъектной позиции школьника в учении (активность, самостоятельность и ответственность).

**Личностными результатами** обучения физике в средней школе являются:

- *в сфере отношений обучающихся к себе, к своему здоровью, к познанию себя* — готовность и способность к отстаиванию собственного мнения, к саморазвитию и самовоспитанию в соответствии с общечеловеческими ценностями и идеалами гражданского общества;

- *в сфере отношений обучающихся к закону, государству и к гражданскому обществу* — мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и общественной практики;

- *в сфере отношений обучающихся к окружающей среде, к живой природе, художественной культуре* — мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки, значимость науки, готовность к научно-техническому творчеству, владение достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества; готовность и способность к образованию, в том числе самообразованию;

- *в сфере отношений обучающихся к труду, в сфере социально-экономических отношений* — осознанный выбор будущей профессии как путь и способ реализации собственных жизненных планов; готовность обучающихся к трудовой профессиональной деятельности как к возможности участия в решении личных, общественных, государственных, общенациональных проблем; потребность трудиться, уважение к труду и людям труда, трудовым достижениям, добросовестное, ответственное и творческое отношение к разным видам трудовой деятельности.

**Метапредметные результаты** освоения курса физики в средней школе представлены тремя группами универсальных учебных действий.

### **Регулятивные универсальные учебные действия**

*Выпускник научится:*

— самостоятельно определять цели, ставить и формулировать собственные задачи в образовательной деятельности;

— сопоставлять имеющиеся возможности и необходимые для достижения цели ресурсы;

— организовывать эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели;

— определять несколько путей достижения поставленной цели;

— выбирать оптимальный путь достижения цели с учетом эффективности расходования ресурсов;

— задавать параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута;

— сопоставлять полученный результат деятельности с поставленной заранее целью;

— оценивать последствия достижения поставленной цели в деятельности, собственной жизни и жизни окружающих людей.

### **Познавательные универсальные учебные действия**

*Выпускник научится:*

— критически оценивать и интерпретировать информацию с разных позиций;

— распознавать и фиксировать противоречия в информационных источниках;

— использовать различные модельно-схематические средства для представления выявленных в информационных источниках противоречий;

— осуществлять развернутый информационный поиск и ставить на его основе новые (учебные и познавательные) задачи;



— искать и находить обобщенные способы решения задач;

— приводить критические аргументы как в отношении собственного суждения, так и в отношении действий и суждений другого;

— анализировать и преобразовывать проблемно-противоречивые ситуации;

— выходить за рамки учебного предмета и осуществлять целенаправленный поиск возможности широкого переноса средств и способов действия;

— выстраивать индивидуальную образовательную траекторию, учитывая ограничения со стороны других участников и ресурсные ограничения;

— менять и удерживать разные позиции в познавательной деятельности (быть учеником и учителем; формулировать образовательный запрос и выполнять консультативные функции самостоятельно; ставить проблему и работать над ее решением; управлять совместной познавательной деятельностью и подчиняться).

### **Коммуникативные универсальные учебные действия**

#### *Выпускник научится:*

— осуществлять деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми (как внутри образовательной организации, так и за ее пределами);

— при осуществлении групповой работы быть как руководителем, так и членом проектной команды в разных ролях (генератором идей, критиком, исполнителем, презентующим и т. д.);

— развернуто, логично и точно излагать свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств;

— координировать и выполнять работу в условиях виртуального взаимодействия (или сочетания реального и виртуального);

— согласовывать позиции членов команды в процессе работы над общим продуктом/решением;

— представлять публично результаты индивидуальной и групповой деятельности как перед знакомой, так и перед незнакомой аудиторией;

— воспринимать критические замечания как ресурс собственного развития;

— точно и емко формулировать как критические, так и одобрительные замечания в адрес других людей в рамках деловой и образовательной коммуникации, избегая при этом личностных оценочных суждений.

**Предметные результаты** обучения физике в средней школе на углубленном уровне представим по темам.

### **Постоянный электрический ток:**

— давать определения понятий: электрический ток, постоянный электрический ток, источник тока, сторонние силы, дырка, изотопический эффект, последовательное и параллельное соединения проводников, куперовские пары электронов, электролиты, электролитическая диссоциация, степень диссоциации, электролиз; физических величин: сила тока, ЭДС, сопротивление проводника, мощность электрического тока;

— объяснять условия существования электрического тока, принцип действия шунта и добавочного сопротивления; объяснять качественно явление сверхпроводимости согласованным движением куперовских пар электронов;

— формулировать законы Ома для однородного проводника, для замкнутой цепи с одним и несколькими источниками, закон Фарадея;

— рассчитывать ЭДС гальванического элемента;

— исследовать смешанное сопротивление проводников;

— описывать демонстрационный опыт на последовательное и параллельное соединения проводников; самостоятельно проведенный эксперимент по

измерению силы тока и напряжения с помощью амперметра и вольтметра, по измерению ЭДС и внутреннего сопротивления проводника;

— наблюдать и интерпретировать тепловое действие электрического тока, передачу мощности от источника к потребителю;

— использовать законы Ома для однородного проводника и замкнутой цепи, закон Джоуля—Ленца для расчета электрических цепей;

— исследовать электролиз с помощью законов Фарадея.

### **Магнитное поле:**

— давать определения понятий: магнитное взаимодействие, линии магнитной индукции, однородное магнитное поле, собственная индукция, диамагнетика, парамагнетика, ферромагнетика, остаточная намагниченность, кривая намагничивания; физических величин: вектор магнитной индукции, магнитный поток, сила Ампера, сила Лоренца, индуктивность контура, магнитная проницаемость среды;

— описывать фундаментальные физические опыты Эрстеда и Ампера, поведение рамки с током в однородном магнитном поле, взаимодействие токов;

— определять направление вектора магнитной индукции и силы, действующей на проводник с током в магнитном поле;

— формулировать правило буравчика и правило левой руки, принципы суперпозиции магнитных полей, закон Ампера;

— объяснять принцип действия электроизмерительного прибора магнитоэлектрической системы, электродвигателя постоянного тока, масс-спектрографа и циклотрона;

— изучать движение заряженных частиц в магнитном поле;

— исследовать механизм образования и структуру радиационных поясов Земли, прогнозировать и анализировать их влияние на жизнедеятельность в земных условиях.

### **Электромагнетизм:**

— давать определения понятий: электромагнитная индукция, индукционный ток, самоиндукция, токи замыкания и размыкания, трансформатор; физических величин: коэффициент трансформации;

— описывать демонстрационные опыты Фарадея с катушками и постоянным магнитом, опыты Генри, явление электромагнитной индукции;

— использовать на практике токи замыкания и размыкания;

— объяснять принцип действия трансформатора, генератора переменного тока; приводить примеры использования явления электромагнитной индукции в современной технике: детекторе металла в аэропорту, в поезде на магнитной подушке, бытовых СВЧ-печах, записи и воспроизведении информации, в генераторах переменного тока; объяснять принципы передачи электроэнергии на большие расстояния.

### **Цепи переменного тока:**

— давать определения понятий: магнитоэлектрическая индукция, колебательный контур, резонанс в колебательном контуре, собственная и примесная проводимость, донорные и акцепторные примеси,  $p$ — $n$ -переход, запирающий слой, выпрямление переменного тока, транзистор; физических величин: фаза колебаний, действующее значение силы переменного тока, ток смещения, время релаксации, емкостное сопротивление, индуктивное сопротивление, коэффициент усиления;

— описывать явление магнитоэлектрической индукции, энергообмен между электрическим и магнитным полем в колебательном контуре и явление

резонанса, описывать выпрямление переменного тока с помощью полупроводникового диода;

— использовать на практике транзистор в усилителе и генераторе электрических сигналов;

— объяснять принцип действия полупроводникового диода, транзистора.

### **Излучение и прием электромагнитных волн радио- и СВЧ-диапазона:**

— давать определения понятий: электромагнитная волна, бегущая гармоническая электромагнитная волна, плоскополяризованная (или линейно-поляризованная) электромагнитная волна, плоскость поляризации электромагнитной волны, фронт волны, луч, радиосвязь, модуляция и демодуляция сигнала, амплитудная и частотная модуляция; физических величин: длина волны, поток энергии и плотность потока энергии электромагнитной волны, интенсивность электромагнитной волны;

— объяснять зависимость интенсивности электромагнитной волны от ускорения излучающей заряженной частицы, от расстояния до источника излучения и его частоты;

— описывать механизм давления электромагнитной волны;

— классифицировать диапазоны частот спектра электромагнитных волн;

— описывать опыт по сборке простейшего радиопередатчика и радиоприемника.

### **Геометрическая оптика:**

— давать определения понятий: передний фронт волны, вторичные механические волны, мнимое и действительное изображения, преломление, полное внутреннее отражение, дисперсия света, точечный источник света, линза, фокальная плоскость, аккомодация, лупа; физических величин: угол падения, угол отражения, угол преломления, абсолютный показатель преломления среды, угол полного внутрен-

него отражения, преломляющий угол призмы, линейное увеличение оптической системы, оптическая сила линзы, поперечное увеличение линзы, расстояние наилучшего зрения, угловое увеличение;

— наблюдать и интерпретировать явления отражения и преломления световых волн, явление полного внутреннего отражения, явление дисперсии;

— формулировать принцип Гюйгенса, закон отражения волн, закон преломления;

— описывать опыт по измерению показателя преломления стекла;

— строить изображения и ход лучей при преломлении света, изображение предмета в собирающей и рассеивающей линзах;

— определять положения изображения предмета в линзе с помощью формулы тонкой линзы;

— анализировать человеческий глаз как оптическую систему;

— корректировать с помощью очков дефекты зрения;

— объяснять принцип действия оптических приборов, увеличивающих угол зрения: лупу, микроскоп, телескоп;

— применять полученные знания для решения практических задач.

### **Волновая оптика:**

— давать определения понятий: монохроматическая волна, когерентные волны и источники, интерференция, просветление оптики, дифракция, зона Френеля; физических величин: время и длина когерентности, геометрическая разность хода интерферирующих волн, период и разрешающая способность дифракционной решетки;

— наблюдать и интерпретировать (описывать) результаты демонстрационных экспериментов по наблюдению явлений интерференции и дифракции света;

— формулировать принцип Гюйгенса—Френеля, условия минимумов и максимумов при интерферен-

ции волн, условия дифракционного минимума на щели и главных максимумов при дифракции света на решетке;

— описывать эксперимент по измерению длины световой волны с помощью дифракционной решетки;

— объяснять взаимное усиление и ослабление волн в пространстве;

— делать выводы о расположении дифракционных минимумов на экране за освещенной щелью;

— выбирать способ получения когерентных источников;

— различать дифракционную картину при дифракции света на щели и на дифракционной решетке.

### **Квантовая теория электромагнитного излучения и вещества:**

— давать определения понятий: тепловое излучение, абсолютно черное тело, фотоэффект, фотоэлектроны, фототок, корпускулярно-волновой дуализм, энергетический уровень, линейчатый спектр, спонтанное и индуцированное излучение, лазер, самостоятельный и несамостоятельный разряды; физических величин: работа выхода, красная граница фотоэффекта, энергия ионизации;

— разъяснять основные положения волновой теории света, квантовой гипотезы Планка, теории атома водорода;

— формулировать законы теплового излучения Вина и Стефана—Больцмана, законы фотоэффекта, соотношения неопределенностей Гейзенберга, постулаты Бора;

— оценивать длину волны де Бройля, соответствующую движению электрона, кинетическую энергию электрона при фотоэффекте, длину волны света, испускаемого атомом водорода;

— описывать принципиальную схему опыта Резерфорда, предложившего планетарную модель атома;

— объяснять принцип действия лазера;

— сравнивать излучение лазера с излучением других источников света.

### **Физика атомного ядра:**

— давать определения понятий: протонно-нейтронная модель ядра, изотопы, радиоактивность, альфа- и бета-распад, гамма-излучение, искусственная радиоактивность, цепная реакция деления, ядерный реактор, термоядерный синтез; физических величин: удельная энергия связи, период полураспада, активность радиоактивного вещества, энергетический выход ядерной реакции, коэффициент размножения нейтронов, критическая масса, доза поглощенного излучения, коэффициент качества;

— объяснять принцип действия ядерного реактора;

— объяснять способы обеспечения безопасности ядерных реакторов и АЭС;

— прогнозировать контролируемый естественный радиационный фон, а также рациональное природопользование при внедрении управляемого термоядерного синтеза (УТС).

### **Элементарные частицы:**

— давать определения понятий: элементарные частицы, фундаментальные частицы, античастица, аннигиляция, лептонный заряд, переносчик взаимодействия, барионный заряд, адроны, лептоны, мезоны, барионы, гипероны, кварки, глюоны;

— классифицировать элементарные частицы, подразделяя их на лептоны и адроны;

— формулировать принцип Паули, законы сохранения лептонного и барионного зарядов;

— описывать структуру адронов, цвет и аромат кварков;

— приводить примеры мезонов, гиперонов, глюонов.

### **Эволюция Вселенной:**

— давать определения понятий: астрономические структуры, планетная система, звезда, звездное ско-



пление, галактики, скопление и сверхскопление галактик, Вселенная, белый карлик, нейтронная звезда, черная дыра, критическая плотность Вселенной, реликтовое излучение, протон-протонный цикл, комета, астероид, пульсар;

— интерпретировать результаты наблюдений Хаббла о разбегании галактик;

— формулировать закон Хаббла;

— классифицировать основные периоды эволюции Вселенной после Большого взрыва;

— представлять последовательность образования первичного вещества во Вселенной;

— объяснять процесс эволюции звезд, образования и эволюции Солнечной системы;

— с помощью модели Фридмана представлять возможные сценарии эволюции Вселенной в будущем.

Обеспечить достижение планируемых результатов освоения основной образовательной программы, создать основу для самостоятельного успешного усвоения обучающимися новых знаний, умений, видов и способов деятельности должен *системно-деятельностный подход*. В соответствии с этим подходом именно активность обучающихся признается основой достижения развивающих целей образования — знания не передаются в готовом виде, а добываются учащимися в процессе познавательной деятельности.

Одним из путей повышения мотивации и эффективности учебной деятельности в основной школе является включение учащихся в *учебно-исследовательскую и проектную деятельность*, которая имеет следующие особенности:

1) цели и задачи этих видов деятельности учащихся определяются как их личностными мотивами, так и социальными. Это означает, что такая деятельность должна быть направлена не только на повышение компетентности подростков в предметной

области определенных учебных дисциплин, не только на развитие их способностей, но и на создание продукта, имеющего значимость для других;

2) учебно-исследовательская и проектная деятельность должна быть организована таким образом, чтобы учащиеся смогли реализовать свои потребности в общении со значимыми, референтными группами одноклассников, учителей и т. д. Строя различного рода отношения в ходе целенаправленной поисковой, творческой и продуктивной деятельности, подростки овладевают нормами взаимоотношений с разными людьми, умениями переходить от одного вида общения к другому, приобретают навыки индивидуальной самостоятельной работы и сотрудничества в коллективе;

3) организация учебно-исследовательских и проектных работ школьников обеспечивает сочетание различных видов познавательной деятельности. В этих видах деятельности могут быть востребованы практически любые способности подростков, реализованы личные пристрастия к тому или иному виду деятельности.

Достижение учащимися современных образовательных результатов посредством включения их в процедуры понимания, проектирования, коммуникации и рефлексии, которые становятся универсальными способами учебно-познавательной деятельности, приводит к изменению позиции школьника в системе учения.

*Учебно-познавательная деятельность* — это деятельность субъекта, осуществляющего целеполагание на основе согласования предметных и личностных задач, решение этих задач на основе универсальных способов деятельности; ориентацию на систему значимых ценностных отношений «я — мир» с целью присвоения содержания образования при содействии и поддержке педагога. Тогда процесс учебно-познавательной деятельности современного

школьника будет характеризоваться следующими изменениями традиционных этапов:

— на I этапе («мотивационно-целевом») целеполагание осуществляется учеником на основе *согласования предметных и личностных задач*, способствующих пониманию школьником *личностного смысла конкретной образовательной ситуации* (поэтому все задания должны носить личностный «оттенок»);

— II этап («проектировочный») характеризуется выбором школьником учебных заданий, способов и темпов его выполнения (поэтому любое задание по своей сути является проектным, где учащемуся необходимо получить конкретный «продукт»: фотоальбом, принцип измерения геометрических размеров молекулы и др.);

— в содержании III этапа («операционально-деятельностного») основными способами познания становятся процедуры понимания и коммуникации как способы нахождения смыслов, значений и интерпретации себя, Другого, образовательной ситуации, содержания предметной задачи;

— в традиционном IV этапе («оценочном») усиливается роль самооценивания и взаимооценивания результатов учебно-познавательной деятельности;

— V этап («рефлексивный») предполагает оценивание себя как субъекта учебно-познавательной деятельности (О. Б. Даутова)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Пример модели урока приведен на с. 22 пособия: *Власова И. Г., Касьянов В. А. Методическое пособие. Физика. Углубленный уровень. 10 класс.*

---

# Тематическое и поурочное планирование изучения учебного материала

(175 ч, 5 ч в неделю)

## Электродинамика (51 ч)

### Постоянный электрический ток (19 ч)

**Урок 1/1<sup>1</sup>.** Электрический ток. Сила тока (§ 1, 2).

**Урок 2/2.** Источник тока (§ 3).

**Урок 3/3.** Источник тока в электрической цепи (§ 4).

**Урок 4/4.** Закон Ома для однородного проводника (участка цепи) (§ 5).

**Урок 5/5.** Сопротивление проводника (§ 6).

**Урок 6/6.** Зависимость удельного сопротивления проводников и полупроводников от температуры (§ 7).

**Урок 7/7.** Сверхпроводимость (§ 8).

**Урок 8/8.** Соединения проводников (§ 9).

**Урок 9/9.** Расчет сопротивления электрических цепей (§ 10).

**Урок 10/10.** Лабораторная работа № 1 «Исследование смешанного соединения проводников».

**Урок 11/11.** Контрольная работа № 1 «Закон Ома для участка цепи».

**Урок 12/12.** Закон Ома для замкнутой цепи (§ 11).

**Урок 13/13.** Лабораторная работа № 2 «Изучение закона Ома для полной цепи».

**Урок 14/14.** Закон Ома для замкнутой цепи. Расчет силы тока и напряжения в электрических цепях (§ 11, 12).

---

<sup>1</sup> Уроки обозначены дробью: в числителе — номер урока с начала изучения курса, а в знаменателе — номер урока в теме.

**Урок 15/15.** Измерение силы тока и напряжения (§ 13).

**Урок 16/16.** Тепловое действие электрического тока. Закон Джоуля—Ленца (§ 14).

**Урок 17/17.** Передача электроэнергии от источника к потребителю (§ 15).

**Урок 18/18.** Электрический ток в растворах и расплавах электролитов (§ 16).

**Урок 19/19.** Контрольная работа № 2 «Закон Ома для замкнутой цепи».

### **Магнитное поле (13 ч)**

**Урок 20/1.** Магнитное взаимодействие. Магнитное поле электрического тока (§ 17, 18).

**Урок 21/2.** Линии магнитной индукции (§ 19).

**Урок 22/3.** Действие магнитного поля на проводник с током (§ 20).

**Урок 23/4.** Рамка с током в однородном магнитном поле (§ 21).

**Урок 24/5.** Действие магнитного поля на движущиеся заряженные частицы (§ 22).

**Урок 25/6.** Масс-спектрограф и циклотрон (§ 23).

**Урок 26/7.** Пространственные траектории заряженных частиц в магнитном поле (§ 24).

**Урок 27/8.** Взаимодействие электрических токов (§ 25).

**Урок 28/9.** Магнитный поток (§ 26).

**Урок 29/10.** Энергия магнитного поля тока (§ 27).

**Урок 30/11.** Магнитное поле в веществе (§ 28).

**Урок 31/12.** Ферромагнетизм (§ 29).

**Урок 32/13.** Контрольная работа № 3 «Магнитное поле».

### **Электромагнетизм (9 ч)**

**Урок 33/1.** ЭДС в проводнике, движущемся в магнитном поле (§ 30).

**Урок 34/2.** Электромагнитная индукция (§ 31).

**Урок 35/3.** Способы получения индукционного тока (§ 32).

- Урок 36/4.** Токи замыкания и размыкания (§ 33).
- Урок 37/5.** Лабораторная работа № 3 «Изучение явления электромагнитной индукции».
- Урок 38/6.** Использование электромагнитной индукции (§ 34).
- Урок 39/7.** Генерирование переменного электрического тока (§ 35).
- Урок 40/8.** Передача электроэнергии на расстояние (§ 36).
- Урок 41/9.** Контрольная работа № 4 «Электромагнитная индукция».

### **Цепи переменного тока (10 ч)**

- Урок 42/1.** Векторные диаграммы для описания переменных токов и напряжений (§ 37).
- Урок 43/2.** Резистор в цепи переменного тока (§ 38).
- Урок 44/3.** Конденсатор в цепи переменного тока (§ 39).
- Урок 45/4.** Катушка индуктивности в цепи переменного тока (§ 40).
- Урок 46/5.** Свободные гармонические электромагнитные колебания в колебательном контуре (§ 41).
- Урок 47/6.** Колебательный контур в цепи переменного тока (§ 42).
- Урок 48/7.** Примесный полупроводник — составная часть элементов схем (§ 43).
- Урок 49/8.** Полупроводниковый диод (§ 44).
- Урок 50/9.** Транзистор (§ 45).
- Урок 51/10.** Контрольная работа № 5 «Переменный ток».

### **Электромагнитное излучение (43 ч)**

#### **Излучение и прием электромагнитных волн радио- и СВЧ-диапазона (7 ч)**

- Урок 52/1.** Электромагнитные волны (§ 46).
- Урок 53/2.** Распространение электромагнитных волн (§ 47).

**Урок 54/3.** Энергия, переносимая электромагнитными волнами (§ 48).

**Урок 55/4.** Давление и импульс электромагнитных волн (§ 49).

**Урок 56/5.** Спектр электромагнитных волн (§ 50).

**Урок 57/6.** Радио- и СВЧ-волны в средствах связи. Радиотелефонная связь, радиовещание (§ 51, 52).

**Урок 58/7.** Контрольная работа № 6 «Излучение и прием электромагнитных волн радио- и СВЧ-диапазона».

### **Геометрическая оптика (17 ч)**

**Урок 59/1.** Принцип Гюйгенса. Отражение волн (§ 53, 54).

**Урок 60/2.** Преломление волн (§ 55).

**Урок 61/3.** Лабораторная работа № 4 «Измерение показателя преломления стекла».

**Урок 62/4.** Дисперсия света (§ 56).

**Урок 63/5.** Построение изображений и хода лучей при преломлении света (§ 57).

**Урок 64/6.** Контрольная работа № 7 «Отражение и преломление света».

**Урок 65/7.** Линзы (§ 58).

**Урок 66/8.** Собирающие линзы (§ 59).

**Урок 67/9.** Изображение предмета в собирающей линзе (§ 60).

**Урок 68/10.** Формула тонкой собирающей линзы (§ 61).

**Урок 69/11.** Рассеивающие линзы (§ 62).

**Урок 70/12.** Изображение предмета в рассеивающей линзе (§ 63).

**Урок 71/13.** Фокусное расстояние и оптическая сила системы из двух линз (§ 64).

**Урок 72/14.** Человеческий глаз как оптическая система (§ 65).

**Урок 73/15.** Оптические приборы, увеличивающие угол зрения (§ 66).

**Урок 74/16.** Решение задач (§ 66).

**Урок 75/17.** Контрольная работа № 8 «Геометрическая оптика».

## **Волновая оптика (8 ч)**

**Урок 76/1.** Интерференция волн (§ 67).

**Урок 77/2.** Взаимное усиление и ослабление волн в пространстве (§ 68).

**Урок 78/3.** Интерференция света (§ 69).

**Урок 79/4.** Дифракция света (§ 70).

**Урок 80/5.** Лабораторная работа № 5 «*Наблюдение интерференции и дифракции света*».

**Урок 81/6.** Дифракционная решетка (§ 71).

**Урок 82/7.** Лабораторная работа № 6 «*Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решетки*».

**Урок 83/8.** Контрольная работа № 9 «*Волновая оптика*».

## **Квантовая теория электромагнитного излучения и вещества (11 ч)**

**Урок 84/1.** Тепловое излучение (§ 72).

**Урок 85/2.** Фотоэффект (§ 73).

**Урок 86/3.** Корпускулярно-волновой дуализм (§ 74).

**Урок 87/4.** Волновые свойства частиц (§ 75).

**Урок 88/5.** Строение атома (§ 76).

**Урок 89/6.** Теория атома водорода (§ 77).

**Урок 90/7.** Поглощение и излучение света атомом (§ 78).

**Урок 91/8.** Лабораторная работа № 7 «*Наблюдение линейчатого и сплошного спектров испускания*».

**Урок 92/9.** Лазер (§ 79).

**Урок 93/10.** Электрический разряд в газах (§ 80).

**Урок 94/11.** Контрольная работа № 10 «*Квантовая теория электромагнитного излучения и вещества*».

## **Физика высоких энергий (16 ч)**

### **Физика атомного ядра (10 ч)**

**Урок 95/1.** Состав атомного ядра (§ 81).

**Урок 96/2.** Энергия связи нуклонов в ядре (§ 82).



- Урок 97/3.** Естественная радиоактивность (§ 83).  
**Урок 98/4.** Закон радиоактивного распада (§ 84).  
**Урок 99/5.** Искусственная радиоактивность (§ 85).  
**Урок 100/6.** Использование энергии деления ядер.  
Ядерная энергетика (§ 86).  
**Урок 101/7.** Термоядерный синтез (§ 87).  
**Урок 102/8.** Ядерное оружие (§ 88).  
**Урок 103/9.** Лабораторная работа № 8 *«Изучение взаимодействия частиц и ядерных реакций (по фотографиям)»*.  
**Урок 104/10.** Биологическое действие радиоактивных излучений (§ 89).

### **Элементарные частицы (6 ч)**

- Урок 105/1.** Классификация элементарных частиц (§ 90).  
**Урок 106/2.** Лептоны как фундаментальные частицы (§ 91).  
**Урок 107/3.** Классификация и структура адронов (§ 92).  
**Урок 108/4.** Взаимодействие кварков (§ 93).  
**Урок 109/5.** Фундаментальные частицы (§ 93).  
**Урок 110/6.** Контрольная работа № 11 *«Физика высоких энергий»*.

### **Элементы астрофизики (8 ч)**

#### **Эволюция Вселенной (8 ч)**

- Урок 111/1.** Структура Вселенной, ее расширение. Закон Хаббла (§ 94, 95).  
**Урок 112/2.** Космологическая модель ранней Вселенной. Эра излучения (§ 96).  
**Урок 113/3.** Нуклеосинтез в ранней Вселенной (§ 97).  
**Урок 114/4.** Образование астрономических структур (§ 98).  
**Урок 115/5.** Эволюция звезд (§ 99).  
**Урок 116/6.** Образование и эволюция Солнечной системы (§ 100, 101).

**Урок 117/7.** Органическая жизнь во Вселенной (§ 102).

**Урок 118/8.** Повторение и обобщение.

### **Обобщающее повторение (29 ч)**

#### **10 класс (16 ч)**

**Урок 119/1.** Физика в познании вещества, поля, пространства и времени (§ 1—6).

**Урок 120/2.** Кинематика равномерного движения материальной точки (§ 7—14).

**Урок 121/3.** Кинематика периодического движения материальной точки (§ 15, 16).

**Урок 122/4.** Динамика материальной точки (§ 17—25).

**Урок 123/5.** Законы сохранения (§ 26—34).

**Урок 124/6.** Динамика периодического движения (§ 35—38).

**Урок 125/7.** Статика (§ 39—41).

**Урок 126/8.** Релятивистская механика (§ 42—46).

**Урок 127/9.** Молекулярная структура вещества (§ 47, 48).

**Урок 128/10.** Молекулярно-кинетическая теория идеального газа (§ 49—54).

**Урок 129/11.** Термодинамика (§ 55—60).

**Урок 130/12.** Жидкость и пар (§ 61—66).

**Урок 131/13.** Твердое тело (§ 67—70).

**Урок 132/14.** Механические волны. Акустика (§ 71—76).

**Урок 133/15.** Силы электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов (§ 77—83).

**Урок 134/16.** Энергия электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов (§ 84—93).

#### **11 класс (13 ч)**

**Урок 135/1.** Закон Ома (§ 1—10).

**Урок 136/2.** Тепловое действие электрического тока (§ 11—16).

**Урок 137/3.** Силы в магнитном поле (§ 17—21).

- Урок 138/4.** Энергия магнитного поля (§ 22—29).  
**Урок 139/5.** Электромагнетизм (§ 30—36).  
**Урок 140/6.** Цепи переменного тока (§ 37—45).  
**Урок 141/7.** Излучение и прием электромагнитных волн радио- и СВЧ-диапазона (§ 46—52).  
**Урок 142/8.** Отражение и преломление света (§ 53—57).  
**Урок 143/9.** Оптические приборы (§ 58—66).  
**Урок 144/10.** Волновая оптика (§ 67—71).  
**Урок 145/11.** Квантовая теория электромагнитного излучения и вещества (§ 72—80).  
**Урок 146/12.** Физика атомного ядра (§ 81—89).  
**Урок 147/13.** Элементарные частицы (§ 90—93).

### **Физический практикум (20 ч)**

#### **Резерв времени (8 ч)**

#### **Фронтальные лабораторные работы**

1. Исследование смешанного соединения проводников, *урок 10/10.*
2. Изучение закона Ома для полной цепи, *урок 13/13.*
3. Изучение явления электромагнитной индукции, *урок 37/5.*
4. Измерение показателя преломления стекла, *урок 61/3.*
5. Наблюдение интерференции и дифракции света, *урок 80/5.*
6. Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решетки, *урок 82/7.*
7. Наблюдение линейчатого и сплошного спектров испускания, *урок 91/8.*
8. Изучение взаимодействия частиц и ядерных реакций (по фотографиям), *урок 103/9.*

## Контрольные работы<sup>1</sup>

1. Закон Ома для участка цепи, *урок 11/11.*
2. Закон Ома для замкнутой цепи, *урок 19/19.*
3. Магнитное поле, *урок 32/13.*
4. Электромагнитная индукция, *урок 41/9.*
5. Переменный ток, *урок 51/10.*
6. Излучение и прием электромагнитных волн радио- и СВЧ-диапазона, *урок 58/7.*
7. Отражение и преломление света, *урок 64/6.*
8. Геометрическая оптика, *урок 75/17.*
9. Волновая оптика, *урок 83/8.*
10. Квантовая теория электромагнитного излучения и вещества, *урок 94/11.*
11. Физика высоких энергий, *урок 110/6.*

---

<sup>1</sup> Контрольные работы приведены в пособии: *Касьянов В. А., Мошейко Л. П., Ратбиль Е. Э. Контрольные работы к учебнику В. А. Касьянова «Физика. Углубленный уровень. 11 класс».* — 2-е изд., перераб. — Москва: Просвещение, 2022.

---

# Поурочное планирование изучения учебного материала (175 ч, 5 ч в неделю)

## ЭЛЕКТРОДИНАМИКА (51 ч)

### Постоянный электрический ток (19 ч)

#### Урок 1/1. Электрический ток. Сила тока

##### Вид деятельности учащихся:

- систематизировать знания о физической величине на примере силы тока;
- объяснять условия существования электрического тока.

■ **Основной материал.** Электрические заряды в движении. Электрический ток. Условия возникновения электрического тока. Направление тока. Сила тока. Единица силы тока. Связь силы тока с направленной скоростью. Постоянный электрический ток.

*Решение задач типа:* № 1, 3 к § 2.

■ **Демонстрации.** Условия существования электрического тока в проводнике [1, опыт 15]<sup>1</sup>.

■ **На дом.** § 1, 2; задачи № 2, 4, 5 к § 2.

---

<sup>1</sup> Значком [1] обозначена книга: Буров В. В., Зворыкин В. С., Кузьмин А. П. и др. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. Ч. 2: Электричество, оптика и физика атома: пособие для учителя/под ред. А. А. Покровского. — М.: Просвещение, 1972.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К основному материалу*

Следует подчеркнуть, что в металлах, где носителями тока являются отрицательно заряженные электроны, направление тока считается противоположным скорости их упорядоченного движения.

Интенсивность направленного движения заряженных частиц в проводнике характеризует сила тока. Изучение производных в курсе математики 10 класса позволяет ввести определение силы тока как производной по времени от заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника за определенный промежуток времени.

### *К решению задач*<sup>1</sup>

#### **Задача 4.**

##### **Решение.**

Заряд, прошедший за время  $t$  через поперечное сечение проводника, равен:

$$q = enV,$$

$$V = Svt.$$

$$\text{Тогда } q = vtSne.$$

Здесь  $v$  — скорость направленного движения электронов (скорость дрейфа),  $n$  — их концентрация,  $e$  — заряд электрона. Следовательно,

$$v = \frac{q}{tSne}.$$

Вспоминая, что сила тока  $I = \frac{q}{t}$ , получаем

$$v = \frac{I}{Sne} = \frac{1,6 \text{ А}}{10^{-6} \text{ м}^2 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} =$$

$$= 1 \text{ мм/с.}$$

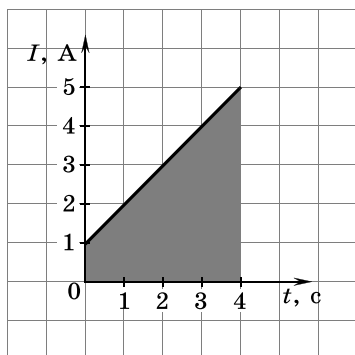
$$\begin{aligned} \text{Тепловая скорость электронов } v_T &= \sqrt{\frac{3kT}{m_e}} = \\ &= \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 293 \text{ К}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} = 115 \text{ км/с.} \end{aligned}$$

---

<sup>1</sup> Решение задач дается по пособию «Правильные ответы к задачам учебника В. А. Касьянова «Физика. 11 класс»/ В. А. Касьянов, М. С. Атаманская, А. С. Богатин. — М.: Дрофа, 2005.

### Задача 5.

Решение.



Заряд численно равен площади под графиком зависимости силы тока от времени (площади выделенной трапеции).

$$q = \frac{I_1 + I_2}{2} t = 12 \text{ Кл.}$$

## Урок 2/2. Источник тока

**Вид деятельности учащихся:**

- объяснять устройство и принцип действия гальванических элементов и аккумуляторов;
- объяснять действия электрического тока на примерах бытовых и технических устройств;
- описывать механизм перераспределения электрических зарядов в гальваническом элементе Вольта.

■ **Основной материал.** Условия существования постоянного тока в проводнике. Источник тока. Гальванический элемент. Нормальные электродные потенциалы. ЭДС гальванического элемента.

■ **Демонстрации.** Измерение напряжений различных источников тока электрометром [1, опыт 14].

■ **На дом.** § 3.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К основному материалу*

Внимание учащихся следует обратить на то, что для направленного движения зарядов по проводнику необходимо, чтобы на каждый заряд действовала внешняя сила. Поэтому напряженность внешнего электрического поля должна превосходить противоположно направленную напряженность, вызванную разделением зарядов под действием внешнего поля. Увеличение напряженности внешнего поля обеспечивает источник тока, генерирующий и подводящий заряды к проводнику. На примере источника тока — гальванического элемента Вольта — рассматривается физический механизм разделения зарядов, а также рассчитывается ЭДС любого гальванического элемента.

## Урок 3/3. Источник тока в электрической цепи

### Вид деятельности учащихся:

— описывать особенности движения заряженной частицы в электролите источника тока.

■ **Основной материал.** Сторонние силы. Движение заряженных частиц в источнике тока. ЭДС источника тока. Единица электродвижущей силы.

■ **На дом.** § 4.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К основному материалу*

Целесообразно на уроке провести гидродинамическую аналогию между действием источника тока в электрической цепи и насоса для перекачивания жидкости. Внимание учащихся следует обратить на то, что ЭДС является энергетической характеристикой сторонних сил и численно равна работе сторонних сил при перемещении единичного положительного заряда между полюсами источника тока.

В разомкнутой цепи ЭДС равна напряжению между полюсами источника тока.



## Урок 4/4. Закон Ома для однородного проводника (участка цепи)

**Вид деятельности учащихся:**

— рассчитывать значения величин, входящих в закон Ома;

— анализировать вольт-амперную характеристику проводника.

■ **Основной материал.** Зависимость силы тока в проводнике от приложенного к нему напряжения. Однородный проводник. Сопротивление проводника. Единица сопротивления. Закон Ома для однородного проводника. Вольт-амперная характеристика проводника.

*Решение задач типа:* № 1, 3 к § 5.

■ **Демонстрации.** Падение потенциала вдоль проводника с током [1, опыт 16].

■ **На дом.** § 5; задачи № 2, 4, 5 к § 5.

**Задача 4.**

**Решение.**

Заряд, перенесенный электронами, равен

$$q = Ne,$$

где  $e$  — заряд электрона.

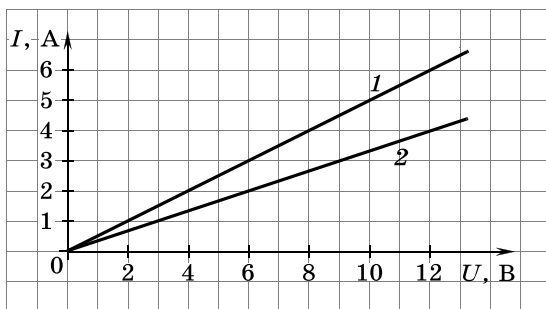
$$q = It; I = \frac{U}{R} \Rightarrow q = \frac{U}{R}t.$$

Следовательно,

$$t = \frac{qR}{U} = \frac{NeR}{U}.$$

**Задача 5.**

**Решение.**



По закону Ома  $I = \frac{U}{R} \Rightarrow I_1 = \frac{U}{2}; I_2 = \frac{U}{3}$ .

По графику определим, что  
при  $I = 1 \text{ А}$   $U_1 = 2 \text{ В}$ ,  $U_2 = 3 \text{ В}$ ;  
при  $U = 12 \text{ В}$   $I_1 = 6 \text{ А}$ ,  $I_2 = 4 \text{ А}$ .

## Урок 5/5. Сопротивление проводника

### Вид деятельности учащихся:

— объяснять причину возникновения сопротивления в проводниках;

— объяснять устройство и принцип действия реостата;

— анализировать зависимость сопротивления проводника от его удельного сопротивления, длины проводника и площади его поперечного сечения.

■ **Основной материал.** Сопротивление — основная электрическая характеристика проводника. Зависимость сопротивления от геометрических размеров и материала проводника. Гидродинамическая аналогия сопротивления проводника. Удельное сопротивление. Единица удельного сопротивления. Резистор.

*Решение задач типа:* № 1, 3 к § 6.

■ **На дом.** § 6; задачи № 2, 4, 5 к § 6.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

#### Задача 4.

**Решение.**

$$m = lS\rho; R = \rho_{\text{Al}} \frac{l}{S}.$$

Разделим почленно первое выражение на второе:

$$\frac{m}{R} = \frac{S^2\rho}{\rho_{\text{Al}}} \Rightarrow S = \sqrt{\frac{m\rho_{\text{Al}}}{\rho R}};$$

$$S = \sqrt{\frac{0,27 \text{ кг} \cdot 2,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}}{2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 2,8 \text{ Ом}}} = 10^{-6} \text{ м}^2 = 1 \text{ мм}^2.$$

$$l = \frac{m}{S\rho} = \frac{0,27 \text{ кг}}{10^{-6} \text{ м}^2 \cdot 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3} = 100 \text{ м}.$$

### Задача 5.

#### Решение.

Обозначим  $\rho_{\text{Cu}}$ ,  $\rho_{\text{Al}}$  удельное сопротивление проводников;  $d_{\text{Cu}}$ ,  $d_{\text{Al}}$  — плотность проводников.

Сопротивление проводника

$$R = \rho \frac{l}{S}, \text{ следовательно,}$$

$$\frac{R_{\text{Cu}}}{R_{\text{Al}}} = \frac{\rho_{\text{Cu}} l_{\text{Cu}} S_{\text{Al}}}{\rho_{\text{Al}} l_{\text{Al}} S_{\text{Cu}}}.$$

$$m = dSl \Rightarrow S = \frac{m}{dl}.$$

Тогда

$$\frac{R_{\text{Cu}}}{R_{\text{Al}}} = \frac{\rho_{\text{Cu}} l_{\text{Cu}} m_{\text{Al}} d_{\text{Cu}} l_{\text{Cu}}}{\rho_{\text{Al}} l_{\text{Al}} m_{\text{Cu}} d_{\text{Al}} l_{\text{Al}}} = 100 \cdot \frac{\rho_{\text{Cu}} d_{\text{Cu}}}{\rho_{\text{Al}} d_{\text{Al}}};$$

$$\frac{R_{\text{Cu}}}{R_{\text{Al}}} = 100 \cdot \frac{1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 8,9 \cdot 10^3}{2,8 \cdot 10^{-8} \cdot 2,7 \cdot 10^3} = 200.$$

## Урок 6/6. Зависимость удельного сопротивления проводников и полупроводников от температуры

### Вид деятельности учащихся:

— анализировать зависимость сопротивления металлического проводника и полупроводника от температуры;

— рассчитывать сопротивление проводника.

■ **Основной материал.** Зависимость удельного сопротивления проводников от температуры. Температурный коэффициент сопротивления. Удельное сопротивление полупроводников. Собственная проводимость полупроводников.

*Решение задач типа:* № 1, 3 к § 7.

■ **Демонстрации.** 1. Зависимость сопротивления металлических проводников от температуры [1, опыт 23].

2. Изменение сопротивления полупроводников при нагревании и охлаждении [1, опыт 55].

■ **На дом.** § 7; задачи № 2, 4, 5 к § 7.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

Сопротивление лампы найдем из закона Ома

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

С другой стороны,

$$R = R_0(1 + \alpha\Delta t).$$

Левые части выражений равны, следовательно, равны и правые:

$$\frac{U}{I} = R_0(1 + \alpha\Delta t), \text{ и соответственно}$$

$$\Delta t = \frac{\frac{U}{I} - R_0}{R_0\alpha} = \frac{\frac{220 \text{ В}}{1 \text{ А}} - 20 \text{ Ом}}{20 \text{ Ом} \cdot 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}} = 2174 \text{ К}.$$

$$\text{Искомая температура } t = t_0 + \Delta t = 293 \text{ К} + 2174 \text{ К} = 2467 \text{ К} = 2194 \text{ }^\circ\text{С}.$$

**Задача 5.**

**Решение.**

Изменение внутренней энергии

$$\Delta W = c_V m \Delta t.$$

Масса проводника  $m = Sld$ .

Сопротивление проводника при нагревании на  $\Delta t$

$R_0 + \Delta R = R_0(1 + \alpha\Delta t)$ , следовательно,

$$\Delta t = \frac{\Delta R}{R_0\alpha} = \frac{\Delta RS}{\rho\alpha}, \text{ так как } R_0 = \rho \frac{l}{S}.$$

Подставляя выражения для  $\Delta t$  и  $m$  в выражение для изменения внутренней энергии, получаем

$$\Delta W = \frac{c_V Sld\Delta RS}{\rho\alpha} = \frac{c_V S^2 d\Delta R}{\rho\alpha}.$$

## Урок 7/7. Сверхпроводимость

**Вид деятельности учащихся:**

— представлять отличие движения заряженных частиц в проводнике и сверхпроводнике.

■ **Основной материал.** Сверхпроводимость. Критическая температура. Отличие движения заряжен-

ных частиц в проводнике и сверхпроводнике. Изотопический эффект. Куперовские пары.

■ На дом. § 8.

## Урок 8/8. Соединения проводников

**Вид деятельности учащихся:**

— исследовать последовательное и параллельное соединения проводников;

— представлять результаты исследований в виде таблиц;

— рассчитывать параметры участка цепи с использованием закона Ома.

■ **Основной материал.** Последовательное соединение. Общее сопротивление при последовательном соединении проводников. Параллельное соединение. Электрическая проводимость проводника. Проводимость цепи при параллельном соединении проводников. Гидродинамическая аналогия последовательного и параллельного соединения проводников. Смешанное соединение проводников.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 9.

■ **Демонстрации.** Реостаты, потенциометры, магазины сопротивлений [1, опыт 20].

■ На дом. § 9; задачи № 3—5 к § 9.

■ **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К решению задач*

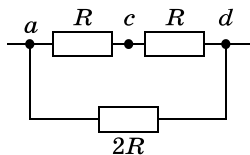
**Задача 4.**

**Решение.**

Обозначим на схеме точки и нарисуем эквивалентную схему для участка  $ad$ . Сопротивление  $R_{ac} = R$  (сопротивления  $2R$  соединены параллельно). Тогда сопротивление цепи между точками  $a$  и  $d$  равно

$$R_{ad} = \frac{2R}{2} = R.$$

Аналогично  $R_{ab} = R$ .



### Задача 5.

#### Решение.

По условию задачи

$$I_{ac} = I_{bd} = I = 3 \text{ А.}$$

Сопротивления  $R_1 = 6 \text{ Ом}$  и  $R_2 = 2 \text{ Ом} + 8 \text{ Ом} + 2 \text{ Ом}$  соединены параллельно, следовательно,

$$I = I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} \Rightarrow U = \frac{IR_1R_2}{R_1 + R_2} = 12 \text{ В.}$$

Соответственно  $I_1 = 2 \text{ А}$ ,  $I_2 = 1 \text{ А}$ . Отсюда на сопротивлении  $8 \text{ Ом}$  разность потенциалов  $8 \text{ В}$ .

## Урок 9/9. Расчет сопротивления электрических цепей

### Вид деятельности учащихся:

— рассчитывать сопротивления смешанного соединения проводников.

■ **Основной материал.** Расчет сопротивления смешанного соединения проводников. Электрические схемы с перемычками. Точки с равными потенциалами в электрических схемах. Мостик Уитстона.

*Решение задач типа:* № 1, 3 к § 10.

■ **Демонстрации.** Мостик Уитстона [1, опыт 22].

■ **На дом.** § 10; задачи № 2, 4 к § 10.

### МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К основному материалу*

Обратите внимание учащихся на то, что расчет сопротивления электрических цепей с использованием формул для последовательного и параллельного соединения проводников оказывается возможным для двух типов электрических цепей.

К первому типу относится смешанное соединение, сводящееся к последовательному и параллельному соединению проводников. Одной из разновидностей такого типа схем являются схемы с перемычками, обладающими пренебрежимо малым сопротивлением. Поэтому, согласно закону Ома, потенциалы точек, соединенных перемычками, одинаковы.

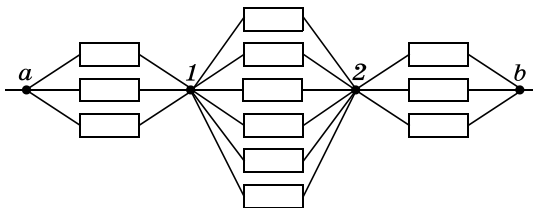
Ко второму типу схем относятся схемы, в которых имеются точки с равными потенциалами. Между такими точками ток не протекает. Поэтому в эквивалентной схеме сопротивления проводников, соединяющих эти точки, можно либо не учитывать, либо заменить перемычкой. Характерным примером такого типа схем является мостик Уитстона. Выполнение условия баланса плеч в мостике Уитстона позволяет рассчитать сопротивление достаточно громоздких, но симметричных схем.

*К решению задач*

#### **Задача 4.**

**Решение.**

При подключении куба между точками  $ab$  появляются точки равного потенциала, на рисунке они обозначены цифрами 1 и 2. Все точки 1 и все точки 2 можно соединить между собой. Получится схема, изображенная на рисунке.



$$\text{Сопротивление } R_{ab} = \frac{R}{3} + \frac{R}{6} + \frac{R}{3} = \frac{5}{6}R.$$

### **Урок 10/10. Лабораторная работа № 1 «Исследование смешанного соединения проводников»**

**Вид деятельности учащихся:**

- изучать экспериментально характеристики смешанного соединения проводников;
- наблюдать, измерять и обобщать в процессе экспериментальной деятельности.

■ На дом. Задача № 5 к § 10.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 5.**

**Решение.**

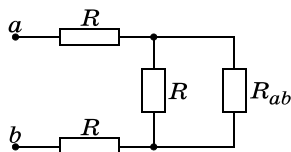
Так как сопротивление цепи не зависит от числа ячеек, первую ячейку можно отключить, и у оставшейся части цепи будет такое же сопротивление  $R_{ab}$ , как и у всей цепи. Поэтому схему, приведенную в условии задачи, можно свести к виду

$$R_{ab} = 2R + \frac{RR_{ab}}{R + R_{ab}}.$$

Отсюда  $R_{ab}^2 - 2RR_{ab} - 2R^2 = 0$ .

$$\begin{aligned} R_{ab} &= R \pm \sqrt{R^2 + 2R^2} = \\ &= R \pm R\sqrt{3}. \end{aligned}$$

Физический смысл имеет положительный корень  $R_{ab} = R(1 + \sqrt{3})$ .



## Урок 11/11. Контрольная работа № 1 «Закон Ома для участка цепи»

**Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

## Урок 12/12. Закон Ома для замкнутой цепи

**Вид деятельности учащихся:**

— формулировать закон Ома для замкнутой цепи;  
— наблюдать зависимость напряжения на зажимах источника тока от нагрузки;  
— рассчитывать параметры цепи с использованием закона Ома.

■ **Основной материал.** Замкнутая цепь с одним источником тока. Направление тока во внешней цепи. Закон Ома для замкнутой цепи с одним источником. Внешнее сопротивление. Внутреннее сопротивление источника тока. Сила тока короткого замыкания.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 11.



■ **Демонстрации.** 1. ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока. Закон Ома для полной цепи [1, опыт 17].

2. Зависимость напряжения на зажимах источника тока от нагрузки; определение внутреннего сопротивления источника [1, опыт 18].

■ **На дом.** § 11 (до замкнутой цепи с несколькими источниками тока); задача № 5 к § 11.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 5.**

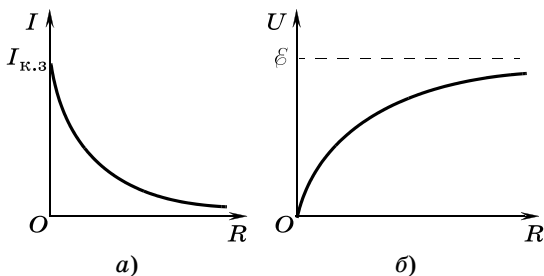
**Решение.**

По закону Ома для замкнутой цепи

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

При  $R = 0$   $I_{к.з} = \frac{\mathcal{E}}{r}$ ; при  $R \rightarrow \infty$   $I \rightarrow 0$  (см. рис. а).

$U = IR = \frac{\mathcal{E}R}{R + r} = \mathcal{E} - \frac{\mathcal{E}r}{R + r}$ . При  $R \rightarrow \infty$   $U \rightarrow \mathcal{E}$  (см. рис. б).



## Урок 13/13. Лабораторная работа № 2 «Изучение закона Ома для полной цепи»

**Вид деятельности учащихся:**

— измерять ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока;

— наблюдать и обобщать в процессе экспериментальной деятельности.

■ **На дом.** § 11; задача № 3 к § 11.

## Урок 14/14. Закон Ома для замкнутой цепи. Расчет силы тока и напряжения в электрических цепях

**Вид деятельности учащихся:**

— выполнять расчеты силы тока и напряжения на участках электрических цепей.

■ **Основной материал.** Замкнутая цепь с несколькими источниками тока. Встречное и согласованное включения последовательно соединенных источников тока. Закон Ома для цепи с несколькими источниками тока. Расчет силы тока и напряжения в электрических цепях.

*Решение задач типа:* № 4 к § 11, № 1, 4 к § 12.

■ **Демонстрации.** Соединение элементов в батарее [1, опыт 19].

■ **На дом.** § 11, 12; задачи № 2, 3, 5 к § 12.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**З а д а ч а 4** (к § 11).

**Решение.**

Напряжение на клеммах первого источника тока

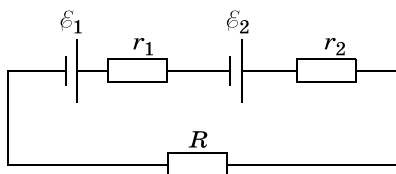
$$U_1 = \mathcal{E}_1 - Ir_1.$$

Сила тока в цепи находится из закона Ома:

$$I = \frac{\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2}{r_1 + r_2 + R}.$$

Тогда

$$U_1 = \mathcal{E}_1 - \frac{(\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2)r_1}{r_1 + r_2 + R} = \frac{\mathcal{E}_1 r_2 - \mathcal{E}_2 r_1 + \mathcal{E}_1 R}{r_1 + r_2 + R} = 0.$$



Отсюда

$$R = \frac{\epsilon_2 r_1 - \epsilon_1 r_2}{\epsilon_1} = \frac{6 \text{ В} \cdot 0,3 \text{ Ом} - 4,5 \text{ В} \cdot 0,2 \text{ Ом}}{4,5 \text{ В}} = \\ = \frac{1,8 - 0,9}{4,5} \text{ Ом} = 0,2 \text{ Ом}.$$

**З а д а ч а 4 (к § 12).**

**Решение.**

Сопrotивление всей цепи равно

$$R + \frac{2R \cdot 2R}{2R + 2R} = 2R.$$

Сила тока через источник  $I = \frac{U}{2R}$ .

Напряжение на конденсаторе

$$U_C = IR + \frac{I}{2}R = \frac{3}{2}IR = \frac{3}{2} \cdot \frac{U}{2R} \cdot R = \frac{3}{4}U.$$

Заряд на конденсаторе

$$q = CU_C = \frac{3}{4}CU.$$

**З а д а ч а 5.**

**Решение.**

Сила тока через резисторы

$$I = \frac{U}{R + 3R} = \frac{U}{4R}.$$

Напряжение на резисторах  $U_1 = IR = \frac{U}{4}$ .

Емкость последовательного соединения конденсаторов

$$C_1 = \frac{4C \cdot C}{4C + C} = \frac{4}{5}C.$$

Заряд на этом конденсаторе и на каждом из последовательно соединенных конденсаторов  $q = \frac{4}{5}CU$ .

Разность потенциалов между обкладками конденсатора емкостью  $4C$

$$U_2 = \frac{q}{4C} = \frac{4 \cdot CU}{5 \cdot 4C} = \frac{1}{5}U.$$

Разность потенциалов между точками  $a$  и  $b$

$$U_{ab} = U_1 - U_2 = \frac{1}{4}U - \frac{1}{5}U = \frac{1}{20}U = 0,05U.$$

## **Урок 15/15. Измерение силы тока и напряжения**

**Вид деятельности учащихся:**

— определять цену деления амперметра и вольтметра;

— измерять силу тока и напряжение на различных участках электрической цепи;

— рассчитывать значения шунта и добавочного сопротивления.

■ **Основной материал.** Цифровые и аналоговые электрические приборы. Амперметр. Включение амперметра в цепь. Шунт. Вольтметр. Включение вольтметра в цепь. Добавочное сопротивление.

*Решение задач типа:* № 2, 4 к § 13.

■ **Демонстрации.** Подбор шунта к амперметру и добавочного сопротивления к вольтметру [1, опыт 21].

■ **На дом.** § 13; задачи № 1, 3, 5 к § 13.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

Добавочное сопротивление к вольтметру

$$R_{\text{д}} = (n - 1)R_{\text{в}};$$

$$n = \frac{U}{U_{\text{max}}};$$

$$n = 40; R_{\text{д}} = 39 \cdot 2 = 78 \text{ (кОм)}.$$

**Задача 5.**

**Решение.**

Добавочное сопротивление

$$R_{\text{д}} = (n - 1)R_{\text{в}}; n = \frac{R_{\text{д}}}{R_{\text{в}}} + 1; R_{\text{д}} = \rho l;$$

$$U = nU_{\text{max}} = U_{\text{max}} \left( \rho \frac{l}{SR_{\text{в}}} + 1 \right);$$

$$U = 12 \cdot \left( \frac{2 \cdot 10^{-7} \cdot 4500}{10^{-7} \cdot 10^3} + 1 \right) = 120 \text{ В}.$$

## Урок 16/16. Тепловое действие электрического тока. Закон Джоуля—Ленца

**Вид деятельности учащихся:**

— вычислять работу и мощность электрического тока;

— приводить примеры теплового действия тока.

■ **Основной материал.** Работа электрического тока. Закон Джоуля—Ленца. Мощность электрического тока.

*Решение задач типа:* № 1, 3 к § 14.

■ **На дом.** § 14; задачи № 2, 4, 5 к § 14.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Анализируя закон Джоуля—Ленца, целесообразно отметить, что при последовательном соединении проводников большее количество теплоты выделяется в проводнике с бóльшим сопротивлением, а при параллельном соединении — в проводнике с меньшим сопротивлением.

*К решению задач*

### **Задача 4.**

**Решение.**

Будем считать, что не происходит теплообмена с окружающей средой. Для закипания воды в чайнике требуется передать чайнику от нагревателя некоторое количество теплоты  $Q$ . В сети, к которой подключают чайник, поддерживается постоянное напряжение  $U$ . По закону Джоуля—Ленца

$$Q = \frac{U^2}{R_1} t_1; \quad Q = \frac{U^2}{R_2} t_2;$$

$$Q = \frac{U^2}{R_1 + R_2} t_3; \quad Q = \frac{U^2}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} t_4.$$

Найдя из первых двух уравнений  $R_1 = \frac{U^2}{Q} t_1$  и  $R_2 = \frac{U^2}{Q} t_2$ , подставляем их значения в третье и четвертое. После преобразований получаем для последовательного включения  $t_3 = t_1 + t_2 = 25$  мин, для параллельного  $t_4 = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = 6$  мин.

### **Задача 5.**

**Решение.**

$$\text{Мощность ламп } P_1 = \frac{U^2}{R_1}; \quad P_2 = \frac{U^2}{R_2}.$$

$$\text{Сопrotивления ламп } R_1 = \frac{U^2}{P_1}; R_2 = \frac{U^2}{P_2}.$$

При включении в сеть с  $U_1 = 220$  В через лампы течет ток

$$I = \frac{U_1}{R_1 + R_2} = \frac{U_1}{U^2 \left( \frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} \right)} = \frac{U_1 P_1 P_2}{U^2 (P_1 + P_2)}.$$

Мощности ламп при их последовательном соединении равны

$$P'_1 = I^2 R_1 = \frac{U_1^2 P_1^2 P_2^2 U^2}{U^4 (P_1 + P_2)^2 P_1} = \frac{U_1^2 P_1 P_2^2}{U^2 (P_1 + P_2)^2};$$

$$P'_1 = \frac{(220 \text{ В})^2 \cdot 60 \text{ Вт} \cdot (40 \text{ Вт})^2}{(110 \text{ В})^2 \cdot (60 \text{ Вт} + 40 \text{ Вт})^2} = 38,4 \text{ Вт};$$

$$P'_2 = \frac{U_1^2 P_1^2 P_2}{U^2 (P_1 + P_2)^2} = 57,6 \text{ (Вт)}.$$

## Урок 17/17. Передача электроэнергии от источника к потребителю

**Вид деятельности учащихся:**

— выяснять условие согласования нагрузки и источника.

■ **Основной материал.** Максимальная мощность, передаваемая потребителю. Потеря мощности в подводящих проводах.

*Решение задач типа:* № 1, 4 к § 15.

■ **На дом.** § 15; задачи № 2, 3, 5 к § 15.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Из закона Ома для замкнутой цепи следует, что мощность источника тока частично передается нагрузке и частично теряется в проводах. На уроке необходимо сформулировать без доказательства условие согласования нагрузки и источника.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

### Задача 4.

**Решение.**

Сила тока, потребляемого мастерской, может быть найдена из соотношения  $P = IU$ , следовательно,  $I = \frac{P}{U}$ . Такой же силы ток протекает по проводам, нагревая их.

Мощность, выделяемая в проводах,  $P_{\text{пр}} = I^2 R = \frac{P^2}{U^2} R$ .

Отсюда КПД

$$\eta = \frac{P}{P + P_{\text{пр}}} = \frac{P}{P + \frac{P^2}{U^2} R};$$

$$\eta = \frac{10^4 \text{ Вт}}{10^4 \text{ Вт} + \left(\frac{10^4 \text{ Вт}}{250 \text{ В}}\right)^2 \cdot 0,2 \text{ Ом}} = 97\%.$$

### Задача 5.

**Решение.**

Сила тока через лампу равна

$$I = \frac{P}{\xi}.$$

За время  $t$  аккумулятор потребит заряд

$$q = It \Rightarrow t = \frac{q}{I} = \frac{q\xi}{P};$$

$$t = \frac{540 \cdot 10^3 \text{ Кл} \cdot 12 \text{ В}}{95 \text{ Вт}} = 68\,210 \text{ с} \approx 18,9 \text{ ч}.$$

## Урок 18/18. Электрический ток в растворах и расплавах электролитов

**Вид деятельности учащихся:**

- описывать явление электролитической диссоциации;
- формулировать законы Фарадея;
- приводить примеры применения электролиза в технике.

■ **Основной материал.** Электролиты. Электролитическая диссоциация. Электролиз. Закон Фарадея. Постоянная Фарадея. Объединенный закон Фара-

дея. Применение электролиза в технике: гальваностегия, гальванопластика, электрометаллургия, рафинирование металлов.

*Решение задач типа:* № 1, 3 к § 16.

■ **Демонстрации.** 1. Электролиз подкисленной воды. Законы Фарадея [1, опыт 77].

2. Электролиз раствора медного купороса [1, опыт 78].

■ **На дом.** § 16; задачи № 2, 4, 5 к § 16.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

### З а д а ч а 4.

**Решение.**

Масса необходимого серебра

$$m = V\rho = SNd\rho,$$

где  $d$  — толщина покрытия.

По закону Фарадея

$$m = \frac{1}{F} \frac{M}{n} It.$$

Отсюда  $SNd\rho = \frac{1}{F} \frac{M}{n} It$ , следовательно,

$$t = \frac{SNd\rho Fn}{MI};$$

$$t = \frac{50 \cdot 10^{-4} \cdot 12 \cdot 50 \cdot 10^{-6} \cdot 10,5 \cdot 10^3 \cdot 9,65 \cdot 10^4 \cdot 1}{0,108 \cdot 1,3} =$$

$$= 21\,650 \text{ (с)} \approx 6 \text{ ч.}$$

### З а д а ч а 5.

**Решение.**

По закону Фарадея

$$m = kIt;$$

$$m = 8,29 \cdot 10^{-8} \text{ кг/Кл} \cdot 5 \text{ А} \cdot 3600 \text{ с} = 0,0015 \text{ кг.}$$

По уравнению состояния идеального газа

$$pV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow T = \frac{pVM}{mR};$$

$$T = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{0,0015 \text{ кг} \cdot 8,3 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}} = 257 \text{ К.}$$



## Урок 19/19. Контрольная работа № 2 «Закон Ома для замкнутой цепи»

**Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

### Магнитное поле (13 ч)

## Урок 20/1. Магнитное взаимодействие. Магнитное поле электрического тока

**Вид деятельности учащихся:**

— наблюдать взаимодействие постоянных магнитов;

— наблюдать опыты, доказывающие существование магнитного поля вокруг проводника с током;

— применять правило буравчика для контурных токов.

■ **Основной материал.** Постоянные магниты. Магнитное поле. Силовые линии магнитного поля. Опыт Эрстеда. Вектор магнитной индукции. Направление вектора магнитной индукции. Правила буравчика и правой руки для прямого тока. Принцип суперпозиции. Правило буравчика для витка с током (контурного тока).

■ **На дом.** § 17, 18.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Следует обратить внимание учащихся на то, что для определения направления вектора магнитной индукции, созданного прямым током, можно использовать либо правило буравчика, либо правило правой руки. Для других конфигураций тока следует мысленно разделить криволинейный проводник на прямолинейные участки, найти направление магнитной индукции от каждого участка, а затем воспользоваться принципом суперпозиции.

## Урок 21/2. Линии магнитной индукции

### Вид деятельности учащихся:

— определять направление линий магнитной индукции, используя правило буравчика.

■ **Основной материал.** Линии магнитной индукции. Магнитное поле — вихревое поле. Гипотеза Ампера. Земной магнетизм.

■ **Демонстрации.** Демонстрация магнитного поля тока [1, опыт 25].

■ **На дом.** § 19.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К основному материалу*

Следует обратить внимание учащихся на то, что линии магнитной индукции, дающие наглядную картину магнитного поля, вводятся подобно линиям напряженности электрического поля. На примере основных конфигураций тока — прямого проводника с током, витка с током и двух витков — на уроке следует проследить общую особенность линий магнитной индукции.

## Урок 22/3. Действие магнитного поля на проводник с током

### Вид деятельности учащихся:

— наблюдать и исследовать действие магнитного поля на проводник с током;

— исследовать зависимость силы, действующей на проводник, от направления тока в нем и от направления вектора магнитной индукции.

■ **Основной материал.** Закон Ампера. Правило левой руки. Модуль вектора магнитной индукции. Единица магнитной индукции.

*Решение задач типа:* № 1, 3 к § 20.

■ **Демонстрации.** 1. Вращение проводника с током вокруг магнита [1, опыт 26].

2. Действие магнитного поля на ток [1, опыт 27].

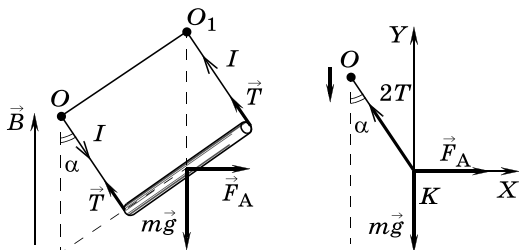
■ На дом. § 20; задачи № 2, 4, 5 к § 20.

■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

К решению задач

Задача 4.

Решение.



На проводник действуют четыре силы: сила тяжести  $m\vec{g}$ , силы натяжения нитей  $\vec{T}$  и сила Ампера  $\vec{F}_A$ , направленная горизонтально вправо ( $F_A = IBl$ ). В равновесии

$$\begin{cases} \sum F_x = 0, \\ \sum F_y = 0. \end{cases}$$

$$X: \begin{cases} -2T\sin\alpha + F_A = 0, \\ 2T\cos\alpha - mg = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2T\sin\alpha = IBl, \\ 2T\cos\alpha = mg. \end{cases} \quad (1)$$

$$Y: \begin{cases} -2T\sin\alpha + F_A = 0, \\ 2T\cos\alpha - mg = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2T\sin\alpha = IBl, \\ 2T\cos\alpha = mg. \end{cases} \quad (2)$$

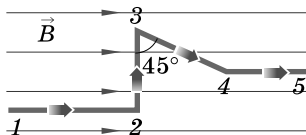
Разделив почленно (1) на (2), получаем

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{IBl}{mg};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{9,8 \cdot 0,1 \cdot 0,1}{0,01 \cdot 9,8} = 1; \alpha = 45^\circ.$$

Задача 5.

Решение.



Согласно закону Ампера

$$F_{12} = F_{45} = 0;$$

$$F_{23} = IBl_{23} = 0,5 \cdot 0,1 \cdot 0,15 = 7,5 \text{ (мН)}.$$

$$F_{34} = IBl_{34} \sin 45^\circ = 0,5 \cdot 0,1 \cdot 0,12 \cdot 0,707 = 4,2 \text{ (мН)}.$$

## Урок 23/4. Рамка с током в однородном магнитном поле

### Вид деятельности учащихся:

— объяснять принцип действия электроизмерительного прибора и электродвигателя постоянного тока;

— выполнять эксперимент с моделью электродвигателя.

■ **Основной материал.** Силы, действующие на стороны рамки. Однородное магнитное поле. Собственная индукция. Вращающий момент. Принципиальное устройство электроизмерительного прибора и электродвигателя.

*Решение задач типа:* № 1, 3 к § 21.

■ **На дом.** § 21; задачи № 2, 4, 5 к § 21.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К основному материалу*

Следует обратить внимание учащихся на то, что рамка с током, помещенная в однородное магнитное поле, является одной из важнейших конфигураций тока в магнитном поле. Она имитирует не только виток обмотки ротора генератора электрического поля (или электродвигателя), но и микротоки в веществе (или в атоме). Ток, протекающий в рамке, создает собственную индукцию, направление которой на оси рамки определяется по правилу буравчика.

Силы Ампера, действующие на стороны рамки, создают вращающий момент, действующий на рамку. При этом рамка стремится установиться так, чтобы направление его собственной индукции совпало с направлением индукции внешнего магнитного поля.

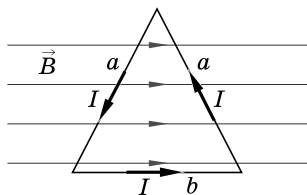
#### *К решению задач*

#### **Задача 4.**

#### **Решение.**

$$M = IBS \sin 90^\circ;$$

$$I = \frac{M}{SB} = \frac{2M}{Bb\sqrt{a^2 - \frac{b^2}{4}}} = \frac{4M}{Bb\sqrt{4a^2 - b^2}};$$



$$I = \frac{4 \cdot 0,24 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м}}{0,2 \text{ Тл} \cdot 0,06 \text{ м} \cdot \sqrt{4 \cdot (0,05 \text{ м})^2 - (0,06 \text{ м})^2}} = 1 \text{ А}.$$

Сила, действующая на левую сторону треугольника, направлена вверх, а на правую — вниз. Рамка поворачивается вокруг оси, проходящей через верхнюю вершину треугольника и середину стороны  $b$ .

### Задача 5.

#### Решение.

На каждый виток действует максимальный момент сил  $M_i = ISB$ . На всю катушку действует момент сил  $M = NM_i = NISB$ .

Отсюда

$$B = \frac{M}{NIS} = \frac{5 \cdot 10^{-2} \text{ Н} \cdot \text{м}}{1000 \cdot 2 \text{ А} \cdot 10^{-3} \text{ м}^2} = 25 \text{ мТл}.$$

## Урок 24/5. Действие магнитного поля на движущиеся заряженные частицы

### Вид деятельности учащихся:

— вычислять силу, действующую на электрический заряд, движущийся в магнитном поле.

■ **Основной материал.** Сила Лоренца. Направление силы Лоренца. Правило левой руки. Плоские траектории движения заряженных частиц в однородном магнитном поле.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 22.

■ **На дом.** § 22; задачи № 3—5 к § 22.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К основному материалу*

Силовое воздействие магнитного поля на проводник с током является следствием действия поля на каждую движущуюся заряженную частицу в проводнике — действия

силы Лоренца. Подобно силе Ампера, ее направление определяется правилом левой руки.

Внимание учащихся следует обратить на то, что знание модуля и направления силы Лоренца позволяет описать плоские траектории заряженных частиц в однородном магнитном поле.

*К решению задач*

#### Задача 4.

**Решение.**

Из условия ясно, что  $D$  — диаметр окружности, по которой движется электрон.

На электрон действует сила Лоренца, создающая центростремительное ускорение:

$$F_{\text{Л}} = ma; a = \frac{v^2}{R}.$$

Сила Лоренца равна

$$F_{\text{Л}} = evB \sin \alpha = evB.$$

Следовательно,

$$evB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{eB};$$

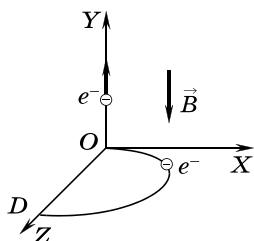
$$D = 2R = \frac{2mv}{eB}.$$

Отсюда

$$B = \frac{2mv}{eD};$$

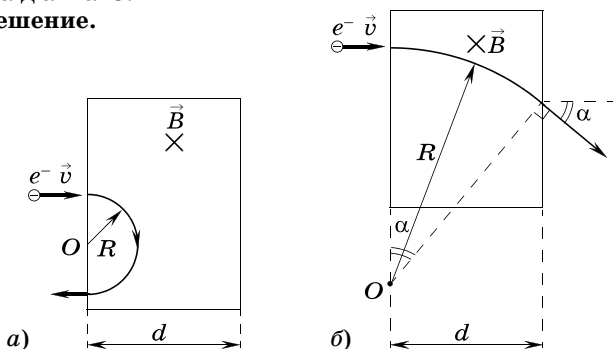
$$B = \frac{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 5 \cdot 10^6 \text{ м/с}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 0,08 \text{ м}} = 0,71 \text{ мТл}.$$

На электрон, летящий вдоль оси  $Y$ , сила Лоренца не действует, значит, магнитное поле параллельно оси  $Y$ . Если первый электрон движется в положительном направлении оси  $Z$ , то вектор  $\vec{B}$  направлен в отрицательном направлении оси  $Y$  (см. рис.).



#### Задача 5.

**Решение.**



$$R = \frac{m_e v}{eB} < d, \text{ т. е. } v < v_1 = \frac{deB}{m_e} \text{ (рис. а);}$$

$$R = \frac{m_e v}{eB}, R > d, \text{ т. е. } v > v_1 = \frac{deB}{m_e} \text{ (рис. б),}$$

$$\sin \alpha = \frac{d}{R_2} = \frac{deB}{m_e v}.$$

## Урок 25/6. Масс-спектрограф и циклотрон

### Вид деятельности учащихся:

— объяснять принцип действия масс-спектрографа и циклотрона.

■ **Основной материал.** Масс-спектрограф. Принцип измерения масс заряженных частиц. Циклотрон. Принципиальное устройство циклотрона. Самостоятельная работа № 1.

■ На дом. § 23.

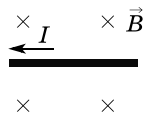
### МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### К основному материалу

На уроке рекомендуется провести самостоятельную работу № 1, рассчитанную на 10 минут.

#### I вариант

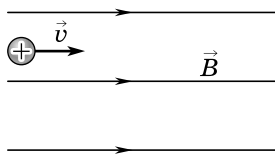
1. Определите направление силы, действующей на проводник с током  $I$ , помещенный в однородное магнитное поле. Индукция магнитного поля  $\vec{B}$  направлена перпендикулярно току (от нас).



- А.  $\uparrow$ .  
 Б.  $\downarrow$ .  
 В.  $\rightarrow$ .

- Г.  $\leftarrow$ .  
 Д. К нам.

2. Положительно заряженная частица влетает со скоростью  $\vec{v}$  в однородное магнитное поле так, что вектор  $\vec{v}$  сонаправлен с вектором магнитной индукции  $\vec{B}$ .



Определите направление силы, действующей на частицу со стороны поля.

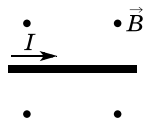
- А.  $\uparrow$ .
- Б.  $\downarrow$ .
- В.  $\leftarrow$ .
- Г.  $\rightarrow$ .
- Д.  $F = 0$ , поле не влияет на движение частицы.

3. Электрон движется в однородном магнитном поле индукцией  $B = 4$  мТл по окружности радиусом  $R = 1$  см. Найдите скорость электрона. Масса электрона  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг, модуль его заряда  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

- А.  $1,4 \cdot 10^{-7}$  м/с.
- Б.  $2,7 \cdot 10^3$  м/с.
- В.  $7 \cdot 10^3$  м/с.
- Г.  $7 \cdot 10^6$  м/с.
- Д.  $7 \cdot 10^8$  м/с.

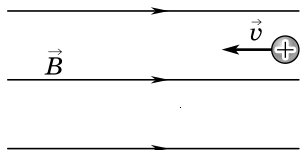
### II вариант

1. Определите направление силы, действующей на проводник с током  $I$ , помещенный в однородное магнитное поле. Индукция магнитного поля  $\vec{B}$  направлена перпендикулярно току (на нас).



- А.  $\uparrow$ .
- Б.  $\downarrow$ .
- В.  $\rightarrow$ .
- Г.  $\leftarrow$ .
- Д. К нам.

2. Положительно заряженная частица влетает со скоростью  $\vec{v}$  в однородное магнитное поле так, что вектор  $\vec{v}$  направлен противоположно вектору магнитной индукции  $\vec{B}$ . Определите направление силы, действующей на частицу со стороны поля.



- А.  $\uparrow$ .
- Б.  $\downarrow$ .
- В.  $\leftarrow$ .
- Г.  $\rightarrow$ .
- Д.  $F = 0$ , поле не влияет на движение частицы.

3. Протон движется в однородном магнитном поле индукцией  $B = 0,2$  Тл по окружности радиусом  $R = 4$  см. Найдите импульс протона. Масса протона  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$  кг, его заряд  $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.



А.  $1,5 \cdot 10^{-24}$  кг·м/с.

Г.  $1,3 \cdot 10^{-20}$  кг·м/с.

Б.  $4,6 \cdot 10^{-24}$  кг·м/с.

Д.  $7,7 \cdot 10^5$  кг·м/с.

В.  $1,3 \cdot 10^{-21}$  кг·м/с.

Ответы. *I вариант:* 1. Б. 2. Д. 3. Г.

*II вариант:* 1. Б. 2. Д. 3. В.

## Урок 26/7. Пространственные траектории заряженных частиц в магнитном поле

**Вид деятельности учащихся:**

— приводить примеры использования заряженных частиц в технике.

■ **Основной материал.** Движение заряженных частиц в однородном магнитном поле. Особенности движения заряженных частиц в неоднородном магнитном поле. Радиационные пояса Земли.

■ **Демонстрации.** Магнитное управление магнитным пучком в электронно-лучевой трубке [1, опыт 52].

■ На дом. § 24.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Следует обратить внимание учащихся на форму траектории заряженной частицы, движущейся в магнитном поле. В однородном магнитном поле пространственной трехмерной траекторией заряженной частицы является винтовая линия постоянного радиуса. В неоднородном магнитном поле радиус винтовой линии изменяется: в области более сильного магнитного поля частица тормозится.

## Урок 27/8. Взаимодействие электрических токов

**Вид деятельности учащихся:**

— наблюдать и анализировать взаимодействие двух параллельных токов.

■ **Основной материал.** Опыт Ампера с параллельными проводниками. Единица силы тока.

■ **Демонстрации.** Взаимодействие двух параллельных токов [1, опыт 28].

■ **На дом.** § 25.

## Урок 28/9. Магнитный поток

**Вид деятельности учащихся:**

— проводить аналогии между потоком жидкости и магнитным потоком;

— вычислять магнитный поток.

■ **Основной материал.** Аналогия с потоком жидкости. Гидродинамическая аналогия потока жидкости и магнитного потока. Магнитный поток (поток магнитной индукции). Единица магнитного потока.

*Решение задач типа:* № 1, 3 к § 26.

■ **На дом.** § 26; задачи № 2, 4 к § 26.

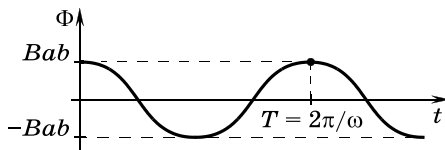
### МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

Магнитный поток, пронизывающий рамку, равен  $\Phi = BS \cos \alpha = Bab \cos \omega t$ .



## Урок 29/10. Энергия магнитного поля тока

**Вид деятельности учащихся:**

— вычислять индуктивность катушки, энергию магнитного поля.

■ **Основной материал.** Работа силы Ампера при перемещении проводника с током в магнитном поле. Индуктивность контура с током. Единица индуктив-

ности. Энергия магнитного поля. Геометрическая интерпретация энергии магнитного поля контура с током.

*Решение задач типа:* № 1, 4 к § 27.

■ **На дом.** § 27; задачи № 2, 3 к § 27.

#### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Следует отметить, что при одной и той же длине контура максимальной индуктивностью обладает круговой виток. Это связано с тем, что среди фигур с одинаковым периметром круг имеет максимальную площадь. Соответственно максимальны пронизывающий его магнитный поток и индуктивность.

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

Энергия магнитного поля катушки

$$W = \frac{LI^2}{2} = \frac{0,5 \text{ Гн} \cdot (6 \text{ А})^2}{2} = 9 \text{ Дж.}$$

### Урок 30/11. Магнитное поле в веществе

**Вид деятельности учащихся:**

— анализировать особенности магнитного поля в веществе.

■ **Основной материал.** Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики. Магнитная проницаемость среды. Диамагнетизм. Парамагнетизм.

*Решение задач типа:* № 5 к § 26.

■ **На дом.** § 28.

#### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 5.**

**Решение.**

Видимая со стороны магнитного поля площадь сферы равна площади ее большого круга  $S = \pi R^2$ , поэтому

$$\Phi = BS = \pi BR^2.$$

## Урок 31/12. Ферромагнетизм

**Вид деятельности учащихся:**

— приводить примеры использования ферромагнетизма в технических устройствах.

■ **Основной материал.** Доменная структура. Ферромагнетик во внешнем магнитном поле. Остаточная намагниченность. Петля гистерезиса. Температура Кюри.

*Решение задач типа:* № 5 к § 27.

■ **На дом.** § 29.

■ **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К решению задач*

**Задача 5.**

**Решение.**

По закону сохранения энергии

$$Q = \frac{CU_0^2}{2} - \frac{CU^2}{2} - \frac{LI^2}{2} = \frac{0,2 \cdot 10^{-6} \Phi \cdot (100 \text{ В})^2}{2} - \frac{0,2 \cdot 10^{-6} \Phi \cdot (50 \text{ В})^2}{2} - \frac{10^{-3} \text{ Гн} \cdot (1 \text{ А})^2}{2} = 0,25 \text{ мДж.}$$

## Урок 32/13. Контрольная работа № 3 «Магнитное поле»

**Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

## Электромагнетизм (9 ч)

### Урок 33/1. ЭДС в проводнике, движущемся в магнитном поле

**Вид деятельности учащихся:**

— описывать модельный эксперимент по разделению зарядов в проводнике, движущемся в магнитном поле.

■ **Основной материал.** Разделение разноименных зарядов в проводнике, движущемся в магнитном поле. ЭДС индукции.

*Решение задач типа:* № 1—3 к § 30.

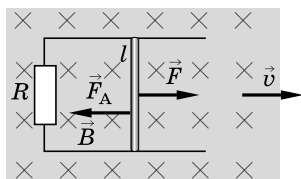
■ **На дом.** § 30; задачи № 4, 5 к § 30.

■ **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**



Сила тока в перемычке:

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

Со стороны магнитного поля на этот проводник с током действует сила Ампера, направленная против скорости,

$$F_A = IBl = \frac{vB^2l^2}{R};$$

$$F_A = \frac{5 \text{ м/с} \cdot (0,2 \text{ Тл})^2 \cdot (0,2 \text{ м})^2}{2 \text{ Ом}} = 0,004 \text{ Н} = 4 \text{ мН}.$$

Такую же, но противоположно направленную силу надо приложить к перемычке, чтобы она двигалась равномерно.

$$\vec{F}_A + \vec{F} = 0 \Rightarrow F = F_A = 4 \text{ мН}.$$

**Задача 5.**

**Решение.**

Возникающая при движении перемычки ЭДС индукции соединена последовательно навстречу ЭДС источника тока. ЭДС индукции

$$\mathcal{E}_i = vBl = 5 \text{ м/с} \cdot 0,2 \text{ Тл} \cdot 0,5 \text{ м} = 0,5 \text{ В}.$$

По закону Ома для полной цепи

$$I = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}_i}{R} = \frac{1,5 \text{ В} - 0,5 \text{ В}}{0,2 \text{ Ом}} = 5 \text{ А}.$$

Так как ЭДС источника тока больше ЭДС индукции, ток течет по перемычке сверху вниз.

## Урок 34/2. Электромагнитная индукция

### Вид деятельности учащихся:

— наблюдать явление электромагнитной индукции;

— применять закон электромагнитной индукции для решения задач.

■ **Основной материал.** Электромагнитная индукция. Закон Фарадея—Максвелла (закон электромагнитной индукции). Правило Ленца.

*Решение задач типа:* № 1, 2, 5 к § 31.

■ **Демонстрации.** Явление электромагнитной индукции [1, опыт 90].

■ **На дом.** § 31; задачи № 3, 4 к § 31.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

#### Задача 4.

##### Решение.

Из правила Ленца ясно, что сила, действующая на стороны рамки, должна быть направлена против вектора магнитной индукции внешнего поля (магнитный поток внешнего поля увеличивается). Магнитный поток, пронизывающий площадку, ограниченную рамкой:

$$\Phi = Ba^2 = (B_0 + \gamma t^2)a^2.$$

ЭДС индукции, возникающая в рамке:

$$\mathcal{E}_i = (\Phi)' = 2\gamma ta^2.$$

$$\text{Сила тока в рамке равна } I = \frac{|\mathcal{E}_i|}{R} = \frac{2\gamma ta^2}{R}.$$

На каждую сторону рамки действует сила Ампера

$$F_A = I Ba = \frac{2\gamma ta^3}{R} (B_0 + \gamma t^2);$$

$$F_A = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ Тл/с}^2 \cdot 2 \text{ с} \cdot (0,1 \text{ м})^3}{0,2 \text{ Ом}} \cdot (0,02 \text{ Тл} +$$

$$+ 5 \cdot 10^{-3} \text{ Тл/с}^2 \cdot (2 \text{ с})^2) = 4 \text{ мкН.}$$

#### Задача 5.

##### Решение.

Магнитный поток, пронизывающий кольцо в исходном состоянии:

$$\Phi = B\pi R^2.$$

При перевороте кольца изменение магнитного потока  $\Delta\Phi = 2\Phi = 2B\pi R^2$ .

Сила тока, протекающего в кольце в процессе переворота:

$$I = \frac{\mathcal{E}_i}{r} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t r},$$

где  $r$  — сопротивление кольца,  $r = \rho \frac{2\pi R}{S}$ .

Заряд, прошедший через поперечное сечение кольца:

$$q = I\Delta t = \frac{\Delta\Phi}{r} = \frac{2B\pi R^2 S}{\rho \cdot 2\pi R} = \frac{BSR}{\rho}.$$

### Урок 35/3. Способы получения индукционного тока

**Вид деятельности учащихся:**

— наблюдать и объяснять опыты Фарадея с катушками и постоянным магнитом.

■ **Основной материал.** Опыты Фарадея с катушками. Опыт Фарадея с постоянным магнитом.

■ **Демонстрации.** Получение постоянного индукционного тока [1, опыт 91].

■ **На дом.** § 32.

### Урок 36/4. Токи замыкания и размыкания

**Вид деятельности учащихся:**

— наблюдать и объяснять возникновение индукционного тока при замыкании и размыкании цепи.

■ **Основной материал.** Самоиндукция. ЭДС самоиндукции. Токи замыкания и размыкания. Время релаксации. Самостоятельная работа № 2.

■ **Демонстрации.** Самоиндукция при замыкании и размыкании цепи [1, опыт 94].

■ **На дом.** § 33.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### К основному материалу

На уроке рекомендуется провести самостоятельную работу № 2, рассчитанную на 10—15 минут.

### I вариант

1. Магнитный поток, пронизывающий проволочную рамку, равномерно возрастает от  $\Phi_1 = 2$  мВб до  $\Phi_2 = 6$  мВб за время  $\Delta t = 4$  мс. Найдите значение ЭДС индукции, возникающей в рамке.

А.  $-1$  В.

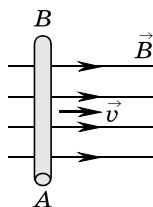
Б.  $-1$  мВ.

В.  $0$ .

Г.  $1$  мВ.

Д.  $1$  В.

2. Проводник  $AB$  длиной  $l$  движется со скоростью  $v$  в магнитном поле вдоль линий магнитной индукции. Определите ЭДС индукции и направление индукционного тока, возникающего в проводнике.



А.  $0$ , тока нет.

Б.  $Blv$ , от  $A$  к  $B$ .

В.  $Blv$ , от  $B$  к  $A$ .

Г.  $\frac{Blv\sqrt{3}}{2}$ , от  $A$  к  $B$ .

Д.  $\frac{Blv\sqrt{2}}{2}$ , от  $B$  к  $A$ .

3. Магнитный поток через замкнутый проводник сопротивлением  $2$  Ом равномерно увеличился с  $0,2$  мВб до  $0,5$  мВб. Какой заряд прошел через поперечное сечение проводника?

А.  $1,5 \cdot 10^{-2}$  Кл.

Б.  $0,6$  Кл.

В.  $2,5 \cdot 10^{-3}$  Кл.

Г.  $1,5 \cdot 10^{-4}$  Кл.

Д.  $0,4 \cdot 10^{-4}$  Кл.

### II вариант

1. Магнитный поток, пронизывающий контур, равномерно уменьшается от  $\Phi_1 = 14$  мВб до  $\Phi_2 = 2$  мВб за время  $\Delta t = 0,01$  с. Найдите значение ЭДС индукции, возникающей в контуре.



- А.  $-1,2 \text{ В}$ .
- Б.  $-1,2 \text{ мВ}$ .
- В.  $0$ .
- Г.  $1,2 \text{ мВ}$ .
- Д.  $1,2 \text{ В}$ .

2. При вдвигании постоянного магнита в катушку стрелка соединённого с ней гальванометра отклоняется. Если скорость магнита уменьшить, то угол отклонения стрелки...

- А. уменьшится.
- Б. увеличится.
- В. изменится на противоположный.
- Г. не изменится.
- Д. станет равным нулю.

3. Сила тока, протекающего по катушке индуктивностью  $L = 2 \text{ мГн}$ , изменяется по закону  $i = 5 - \frac{t^2}{2} \text{ (А)}$ . Определите ЭДС самоиндукции, возникающую в катушке, в момент времени  $t = 2 \text{ с}$ .

- А.  $10 \text{ мВ}$ .
- Б.  $5 \text{ мВ}$ .
- В.  $8 \text{ мВ}$ .
- Г.  $4 \text{ мВ}$ .
- Д.  $20 \text{ мВ}$ .

Ответы. *I вариант:* 1. А. 2. А. 3. Д.

*II вариант:* 1. Д. 2. А. 3. Д.

## Урок 37/5. Лабораторная работа № 3 «Изучение явления электромагнитной индукции»

Вид деятельности учащихся:

— исследовать зависимость ЭДС индукции от скорости движения проводника, его длины и модуля вектора магнитной индукции;

— проверить правило Ленца;

— наблюдать и обобщать в процессе экспериментальной деятельности.

## Урок 38/6. Использование электромагнитной индукции

### Вид деятельности учащихся:

- приводить примеры использования электромагнитной индукции в современных технических устройствах;
- объяснять принцип действия трансформатора;
- рассчитывать напряжение трансформатора на входе (выходе).

■ **Основной материал.** Трансформатор. Коэффициент трансформации. Повышающий и понижающий трансформаторы. Электромагнитная индукция в современной технике. Запись и воспроизведение информации с помощью магнитной пленки.

■ **Демонстрации.** 1. Однофазный трансформатор [1, опыт 104].

2. Таблица «Трансформатор».

■ **На дом.** § 34.

## Урок 39/7. Генерирование переменного электрического тока

### Вид деятельности учащихся:

- объяснять принцип действия генератора переменного тока.

■ **Основной материал.** ЭДС в рамке, вращающейся в однородном магнитном поле. Генератор переменного тока.

*Решение задач типа:* № 1, 3 к § 35.

■ **На дом.** § 35; задачи № 2, 4, 5 к § 35.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

Все точки винта вертолета движутся с разными линейными скоростями, поэтому силы Лоренца, действующие на заряды в них, разные. Средняя сила

$$F_{\text{ср}} = ev_{\text{ср}} B \sin \alpha = e\omega \frac{R}{2} B \sin \alpha.$$

Средняя напряженность поля сторонних сил

$$E_{\text{ср}} = \frac{F}{e} = \omega \frac{R}{2} B \sin \alpha.$$

Разность потенциалов между центром и краем винта равна ЭДС индукции:

$$U = \mathcal{E}_i = E_{\text{ср}} R = \frac{\omega R^2 B \sin \alpha}{2} = v \pi R^2 B \sin \alpha;$$

$$U = 10 \cdot 3,14 \cdot (5 \text{ м})^2 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ Тл} \cdot 0,5 = 0,2 \text{ В}.$$

**Задача 5.**

**Решение.**

Магнитный поток, пронизывающий катушку, меняется по закону:

$$\Phi = NBS \cos \frac{2\pi}{T} t.$$

В катушке возникает ЭДС индукции

$$\mathcal{E}_i = -\Phi' = NBS \frac{2\pi}{T} \sin \frac{2\pi}{T} t.$$

Сила тока через резистор

$$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{NSB \frac{2\pi}{T}}{R} \sin \frac{2\pi}{T} t.$$

Сопротивлением провода катушки пренебрегаем.

Максимальное значение силы тока

$$I_{\text{max}} = \frac{2\pi NBS}{TR};$$

$$I_{\text{max}} = \frac{6,28 \cdot 200 \cdot 0,2 \text{ Тл} \cdot 10^{-2} \text{ м}^2}{20 \cdot 10^{-3} \text{ с} \cdot 100 \text{ Ом}} = 1,26 \text{ А}.$$

## Урок 40/8. Передача электроэнергии на расстояние

**Вид деятельности учащихся:**

— оценивать потери электроэнергии в линиях электропередачи.

■ **Основной материал.** Потери электроэнергии в линиях электропередачи. Схема передачи электроэнергии потребителю.

■ **Демонстрации.** Таблица «Передача и распределение электроэнергии».

■ **На дом.** § 36.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### *К основному материалу*

Следует обратить внимание учащихся на то, что при передаче электроэнергии, производимой вблизи источников топлива или гидроресурсов, на большие расстояния электрическое сопротивление линии оказывается значительным. Это приводит к существенным потерям передаваемой мощности в подводящих проводах. Уменьшение этих потерь мощности достигается за счет повышения передаваемого напряжения, так как потери мощности в проводах оказываются обратно пропорциональны квадрату передаваемого напряжения.

## **Урок 41/9. Контрольная работа № 4 «Электромагнитная индукция»**

### **Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

## **Цепи переменного тока (10 ч)**

### **Урок 42/1. Векторные диаграммы для описания переменных токов и напряжений**

#### **Вид деятельности учащихся:**

— использовать метод векторных диаграмм для представления гармонических колебаний.

■ **Основной материал.** Представление гармонического колебания на векторной диаграмме. Мгновенное значение напряжения. Фаза колебаний. Начальная фаза колебаний. Сложение двух колебаний.

*Решение задач типа:* № 1, 3 к § 37.

■ **На дом.** § 37; задачи № 2, 4 к § 37.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

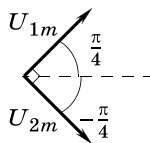
*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

По фазе отстает на  $\frac{\pi}{2}$  колебание  $u_2$ , поскольку

$$u_2 = 10 \cos \left( \omega t + \frac{\pi}{4} - \frac{\pi}{2} \right) = 10 \cos \left( \omega t - \frac{\pi}{4} \right).$$



## Урок 43/2. Резистор в цепи переменного тока

**Вид деятельности учащихся:**

— вычислять действующие значения силы тока и напряжения.

■ **Основной материал.** Сила тока в резисторе. Действующее значение силы переменного тока. Активное сопротивление.

■ **Демонстрации.** Амплитудное и действующее значения напряжения [1, опыт 99].

■ **На дом.** § 38; задача № 5 к § 37.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

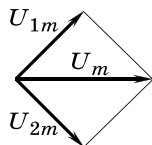
*К решению задач*

**Задача 5 (к § 37).**

**Решение.**

$$U_m = \sqrt{U_{1m}^2 + U_{2m}^2} = 14,1 \text{ В.}$$

$$u = 14,1 \cos \omega t.$$



## Урок 44/3. Конденсатор в цепи переменного тока

**Вид деятельности учащихся:**

— вычислять емкостное сопротивление конденсатора;

— устанавливать межпредметные связи физики и математики при решении графических задач.

■ **Основной материал.** Разрядка конденсатора. Время релаксации  $R$ — $C$ -цепи. Зарядка конденсатора. Ток смещения. Магнитоэлектрическая индукция. Емкостное сопротивление.

*Решение задач типа:* № 1, 4 к § 39.

■ **Демонстрации.** Емкостное и индуктивное сопротивление [1, опыт 100].

■ **На дом.** § 39; задачи № 2, 3, 5 к § 39.

■ **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К решению задач*

**Задача 4.**

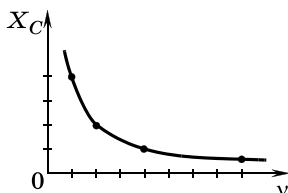
**Решение.**

Емкостное сопротивление  $X_C = \frac{1}{2\pi\nu C}$ , следовательно,

$$\nu = \frac{1}{2\pi X_C C} = \frac{1}{6,28 \cdot 3,2 \cdot 10^3 \text{ Ом} \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 50 \text{ Гц.}$$

**Задача 5.**

**Решение.**



Емкостное сопротивление  $X_C = \frac{1}{2\pi\nu C}$ , следовательно, при увеличении частоты в 2,5 раза сопротивление уменьшается в 2,5 раза.

## **Урок 45/4. Катушка индуктивности в цепи переменного тока**

**Вид деятельности учащихся:**

— вычислять индуктивное сопротивление катушки.

■ **Основной материал.** Индуктивное сопротивление. Разность фаз между силой тока в катушке и напряжением на ней. Среднее значение мощности переменного тока в катушке за период.

*Решение задач типа: № 1, 3 к § 40.*

■ **Демонстрации.** Сдвиг фаз в цепи с емкостью и индуктивностью [1, опыт 101].

■ **На дом.** § 40; задачи № 2, 4, 5 к § 40.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

$$I_{\text{д}} = \frac{U_{\text{д}}}{X_L} = \frac{U_{\text{д}}}{2\pi\nu L};$$

$$I_{\text{д}} = \frac{220 \text{ В}}{6,28 \cdot 50 \text{ Гц} \cdot 0,35 \text{ Гн}} = 2 \text{ А.}$$

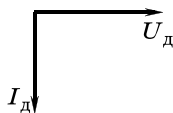
**Задача 5.**

**Решение.**

По аналогии с предыдущей задачей

$$L = \frac{U_{\text{д}}}{I_{\text{д}} \cdot 2\pi\nu} = \frac{U_m / \sqrt{2}}{I_{\text{д}} \cdot 2\pi\nu};$$

$$L = \frac{311 \text{ В}}{\sqrt{2} \cdot 7 \text{ А} \cdot 6,28 \cdot 50 \text{ Гн}} = 0,1 \text{ Гн.}$$



## **Урок 46/5. Свободные гармонические электромагнитные колебания в колебательном контуре**

**Вид деятельности учащихся:**

— анализировать перераспределение энергии при колебаниях в колебательном контуре;

— рассчитывать период собственных гармонических колебаний.

■ **Основной материал.** Энергообмен между электрическим и магнитным полями. Колебательный контур. Частота и период собственных гармонических колебаний. Формула Томсона.

*Решение задач типа: № 1, 2 к § 41.*

■ **Демонстрации.** Свободные электрические колебания [1, опыт 97].

■ На дом. § 41; задачи № 3—5 к § 41.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

По формуле Томсона период колебаний в контуре равен

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Емкость параллельного подключения конденсаторов  $2C$  в 4 раза больше емкости последовательного подключения  $\frac{C}{2}$ , соответственно емкость увеличится в 4 раза, а период — в 2 раза.

$$T_1 = 100 \text{ мкс.}$$

**Задача 5.**

**Решение.**

Из уравнения видно, что  $\omega = 10^3$  рад/с;  $U_m = 200$  В.

$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ , следовательно,

$$L = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{10^6 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 1 \text{ Гн.}$$

$$\frac{CU_m^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2} \Rightarrow I_m = U_m \sqrt{\frac{C}{L}}; I_m = 200 \text{ В} \cdot \sqrt{\frac{10^{-6} \text{ Ф}}{1 \text{ Гн}}} = 0,2 \text{ А.}$$

## Урок 47/6. Колебательный контур в цепи переменного тока

**Вид деятельности учащихся:**

- описывать явление резонанса;
- получать резонансную кривую с помощью векторных диаграмм;
- наблюдать осциллограммы гармонических колебаний силы тока в цепи;
- исследовать явление электрического резонанса в последовательной цепи.

■ **Основной материал.** Вынужденные электромагнитные колебания в колебательном контуре. Векторная диаграмма для колебательного контура. Полное сопротивление контура переменному току. Резонанс в колебательном контуре. Резонансная частота.



Резонансная кривая. Использование явления резонанса в радиотехнике.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 42.

■ **Демонстрации.** 1. Распределение напряжений в цепи переменного тока со смешанной нагрузкой [1, опыт 102].

2. Электрический резонанс [1, опыт 103].

■ **На дом.** § 42; задачи № 3—5 к § 42.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Следует обратить внимание учащихся на то, что полное сопротивление колебательного контура переменному току зависит от частоты напряжения, приложенного к контуру. При совпадении этой частоты с частотой собственных колебаний в контуре полное сопротивление контура минимально. При этом условии амплитуда колебаний силы тока в контуре резко возрастает, т. е. наблюдается явление резонанса в колебательном контуре.

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

$$X_L = \omega L = 2\pi\nu L;$$

$$X_L = 6,28 \cdot 10^3 \text{ Гц} \cdot 0,2 \text{ Гн} = 1,26 \text{ кОм.}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi\nu C};$$

$$X_C = \frac{1}{6,28 \cdot 10^3 \text{ Гн} \cdot 10^{-7} \text{ Ф}} = 1,6 \text{ кОм.}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2};$$

$$Z = \sqrt{(367 \text{ Ом})^2 + (1,26 - 1,6)^2 \cdot 10^6 \text{ Ом}} = 500 \text{ Ом.}$$

**Задача 5.**

**Решение.**

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(2\pi\nu L - \frac{1}{2\pi\nu C}\right)^2};$$

$$Z = \sqrt{(54)^2 + \left(6,28 \cdot 100 \cdot 0,5 - \frac{1}{6,28 \cdot 100 \cdot 4 \cdot 10^{-6}}\right)^2} =$$

$$= 100 \text{ (Ом).}$$

Максимальное напряжение на генераторе равно напряжению на резисторе:

$$U_m = I_m R = \sqrt{2}IR;$$

$$U_m = 0,5 \text{ А} \cdot \sqrt{2} \cdot 54 \text{ Ом} = 38 \text{ В}.$$

## Урок 48/7. Примесный полупроводник — составная часть элементов схем

**Вид деятельности учащихся:**

— анализировать механизмы собственной и примесной проводимости полупроводников.

■ **Основной материал.** Собственная проводимость полупроводников. Механизмы собственной проводимости — электронная и дырочная. Примесная проводимость. Донорные и акцепторные примеси. Полупроводники *n*- и *p*-типа.

■ **Демонстрации.** Таблица «Полупроводники».

■ **На дом.** § 43.

## Урок 49/8. Полупроводниковый диод

**Вид деятельности учащихся:**

— объяснять механизм односторонней проводимости *p—n*-перехода;

— объяснять принцип работы выпрямителя.

■ **Основной материал.** *p—n*-Переход. Образование двойного электрического слоя в *p—n*-переходе. Запирающий слой. Вольт-амперная характеристика *p—n*-перехода. Полупроводниковый диод. Выпрямление переменного тока. Одно- и двухполупериодное выпрямление.

■ **Демонстрации.** 1. Выпрямление переменного тока полупроводниковым диодом [1, опыт 64].

2. Таблица «Полупроводниковый диод».

■ **На дом.** § 44.

## Урок 50/9. Транзистор

**Вид деятельности учащихся:**

— объяснять принцип работы усилителя на транзисторе.

■ **Основной материал.**  $n-p-n$ - и  $p-n-p$ -транзисторы. Усилитель на транзисторе. Коэффициент усиления. Генератор на транзисторе.

■ **Демонстрации.** Таблица «Транзистор».

■ **На дом.** § 45.

## Урок 51/10. Контрольная работа № 5 «Переменный ток»

**Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ (43 ч)

Излучение и прием  
электромагнитных волн радио-  
и СВЧ-диапазона (7 ч)

## Урок 52/1. Электромагнитные волны

**Вид деятельности учащихся:**

— проводить аналогии между механическими и электромагнитными волнами и их характеристиками.

■ **Основной материал.** Опыт Герца. Электромагнитная волна. Излучение электромагнитных волн. Плотность энергии электромагнитного поля.

■ **Демонстрации.** Открытый колебательный контур [1, опыт 114].

■ **На дом.** § 46.

## Урок 53/2. Распространение электромагнитных волн

**Вид деятельности учащихся:**

— наблюдать явление поляризации электромагнитных волн;

— вычислять длину волн.

■ **Основной материал.** Бегущая гармоническая электромагнитная волна. Длина волны. Уравнения напряженности электрического поля и индукции магнитного поля для бегущей гармонической волны. Поляризация волны. Плоскость поляризации электромагнитной волны. Фронт волны. Луч.

*Решение задач типа:* № 1, 4 к § 47.

■ **На дом.** § 47; задачи № 2, 3, 5 к § 47.

■ **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

Уравнение напряженности электрического поля для бегущей гармонической волны

$$E = E_0 \sin \omega \left( t - \frac{x}{v} \right) = E_0 \sin \left( \omega t - \frac{\omega x}{v} \right).$$

$$\omega = 2\pi\nu = 6,28 \cdot 600 \cdot 10^{12} \text{ Гц} = 3,77 \cdot 10^{15} \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$\frac{\omega}{v} = \frac{\omega}{c} = \frac{3,77 \cdot 10^{15} \text{ рад/с}}{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}} = 1,26 \cdot 10^7 \frac{\text{рад}}{\text{м}};$$

$$E = 10^5 \sin (3,77 \cdot 10^{15} \cdot t - 1,26 \cdot 10^7 \cdot x) \text{ В/м.}$$

**Задача 5.**

**Решение.**

$$E = E_0 \sin \omega \left( t + \frac{x}{v} \right).$$

$$E_0 = 100 \text{ В/м}; \omega = \pi \cdot 6 \cdot 10^{14} \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\pi \cdot 6 \cdot 10^{14} \text{ рад/с}}{2\pi} = 3 \cdot 10^{14} \text{ Гц};$$

$$T = \frac{1}{\nu} = 3,3 \cdot 10^{-15} \text{ с};$$

$$\frac{\omega}{v} = \pi \cdot 2 \cdot 10^6 \frac{\text{рад}}{\text{м}};$$

$$v = \frac{\pi \cdot 6 \cdot 10^{14} \text{ рад/с}}{\pi \cdot 2 \cdot 10^6 \text{ рад/м}} = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с};$$

$$\lambda = vT = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \cdot 3,3 \cdot 10^{-15} \text{ с} = 1 \text{ мкм}.$$

## Урок 54/3. Энергия, переносимая электромагнитными волнами

### Вид деятельности учащихся:

— систематизировать знания о физических величинах: поток энергии и плотность потока энергии электромагнитной волны, интенсивность электромагнитной волны.

■ **Основной материал.** Интенсивность волны. Поток энергии и плотность потока энергии электромагнитной волны. Зависимость интенсивности электромагнитной волны от расстояния до источника излучения и его частоты.

■ На дом. § 48.

## Урок 55/4. Давление и импульс электромагнитных волн

### Вид деятельности учащихся:

— объяснять воздействие солнечного излучения на кометы, спутники и космические аппараты;

— описывать механизм давления электромагнитной волны.

■ **Основной материал.** Давление электромагнитной волны. Связь давления электромагнитной волны с ее интенсивностью. Измерение давления света. Импульс электромагнитной волны. Связь импульса электромагнитной волны с переносимой ею энергией.

■ На дом. § 49.

## Урок 56/5. Спектр электромагнитных волн

### Вид деятельности учащихся:

- характеризовать диапазоны длин волн (частот) спектра электромагнитных волн;
- называть основные источники излучения соответствующих диапазонов длин волн (частот);
- представлять доклады, сообщения, презентации.

■ **Основной материал.** Диапазон частот. Границы диапазонов длин волн (частот) в спектре электромагнитных волн и основные источники излучения в соответствующих диапазонах.

■ **Демонстрации.** 1. Обнаружение инфракрасного излучения в спектре [1, опыт 161].

2. Выделение и поглощение инфракрасных лучей фильтрами [1, опыт 162].

3. Отражение и преломление инфракрасных лучей [1, опыт 163].

4. Обнаружение и выделение ультрафиолетового излучения [1, опыт 165].

5. Таблица «Шкала электромагнитных волн».

■ **На дом.** § 50.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К основному материалу*

Полезно на уроке заполнить таблицу, содержащую следующие графы: вид излучения, диапазон длин волн (частот), основные источники излучения, свойства, применение. Можно предложить учащимся сделать это задание самостоятельно.

## Урок 57/6. Радио- и СВЧ-волны в средствах связи. Радиотелефонная связь, радиовещание

### Вид деятельности учащихся:

- оценивать роль России в развитии радиосвязи;

- собирать детекторный радиоприемник;
- осуществлять радиопередачу и радиоприем.

■ **Основной материал.** Принципы радиосвязи. Виды радиосвязи: радиотелеграфная, радиотелефонная и радиовещание, телевидение, радиолокация. Радиопередача. Модуляция передаваемого сигнала. Амплитудная и частотная модуляция. Принципиальная схема передатчика амплитудно-модулированных колебаний. Ширина канала связи. Радиоприем. Детектирование (или демодуляция) сигнала. Схема простейшего радиоприемника.

■ **Демонстрации.** 1. Модуляция [1, опыт 118].

2. Радиопередача и прием модулированных сигналов [1, опыт 119].

3. Прием радиовещания на детекторный приемник [1, опыт 120].

4. Таблицы «Радиолокация», «Простейший радиоприемник».

■ **На дом.** § 51, 52.

## **Урок 58/7. Контрольная работа № 6** ***«Излучение и прием электромагнитных волн радио- и СВЧ-диапазона»***

**Вид деятельности учащихся:**

- применять полученные знания к решению задач.

## **Геометрическая оптика (17 ч)**

### **Урок 59/1. Принцип Гюйгенса.** **Отражение волн**

**Вид деятельности учащихся:**

- объяснять прямолинейное распространение света с точки зрения волновой теории;

— исследовать свойства изображения предмета в плоском зеркале;

— строить изображение предмета в плоском зеркале.

■ **Основной материал.** Волна на поверхности от точечного источника. Передовой фронт волны. Принцип Гюйгенса. Направление распространения фронта волны. Использование принципа Гюйгенса для объяснения отражения волн. Закон отражения волн. Обратимость световых лучей. Отражение света: зеркальное и диффузное. Изображение предмета в плоском зеркале. Мнимое изображение.

*Решение задач типа:* № 1, 4 к § 54.

■ **На дом.** § 53, 54; задачи № 2, 3, 5 к § 54.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

### Задача 4.

**Решение.**

Из-за большого расстояния от Земли до Луны можно считать, что  $\angle OAD = \angle OCE = \alpha$ ,

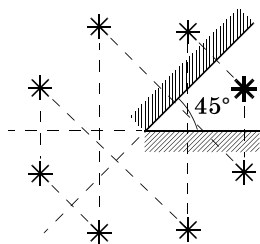
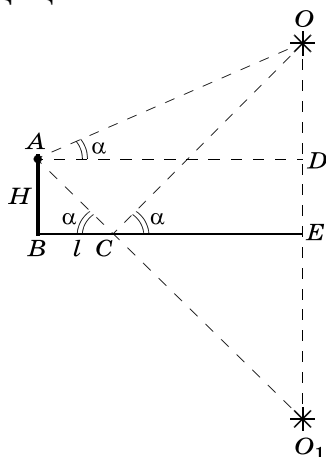
$$l = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha};$$

$$l = \frac{1,8 \text{ м}}{\frac{1}{\sqrt{3}}} = \sqrt{3} \cdot 1,8 \text{ м} = 3,1 \text{ м}.$$

### Задача 5.

**Решение.**

Изображение, даваемое одним из зеркал, расположенных под углом друг к другу, является предметом для второго зеркала, а изображение, даваемое вторым зеркалом, — предметом для первого зеркала и т. д. Число изображений ограничено, если изображение с номером  $n + 1$  будет совпадать с





изображением с номером 1. Это бывает в тех случаях, когда развернутый угол делится углом между зеркалами нацело. Формула для расчета числа изображений  $n + 1 = \frac{360^\circ}{\alpha}$ . В нашем случае  $n = 7$ .

## Урок 60/2. Преломление волн

### Вид деятельности учащихся:

— наблюдать преломление и полное внутреннее отражение света;

— объяснять особенности прохождения света через границу раздела сред;

— сравнивать явления отражения света и полного внутреннего отражения.

■ **Основной материал.** Преломление. Использование принципа Гюйгенса для объяснения этого явления. Закон преломления волн. Абсолютный показатель преломления среды. Полное внутреннее отражение. Угол полного внутреннего отражения. Использование полного внутреннего отражения в волоконной оптике.

*Решение задач типа:* № 1, 3 к § 55.

■ **Демонстрации.** 1. Законы преломления света [1, опыт 145].

2. Полное отражение света [1, опыт 146].

3. Преломление и полное отражение света в призме [1, опыт 147].

■ **На дом.** § 55; задачи № 2, 4 к § 55.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

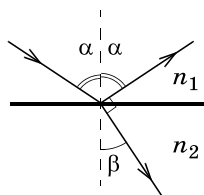
**Решение.**

$$\alpha + \beta = 90^\circ;$$

$$\sin \beta = \cos \alpha.$$

По закону преломления света

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}.$$



Подставляя  $\sin \beta$ , имеем

$$\frac{\sin}{\cos} = \frac{n_2}{n_1}$$

или

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{n_2}{n_1}.$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{n_2}{n_1} = \operatorname{arctg} \frac{1,52}{1,333} = \operatorname{arctg} 1,1403; \alpha = 48,4^\circ.$$

## Урок 61/3. Лабораторная работа № 4 «Измерение показателя преломления стекла»

**Вид деятельности учащихся:**

- измерять показатель преломления стекла;
- наблюдать и обобщать в процессе экспериментальной деятельности.

На дом. Задача № 5 к § 55.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 5.**

**Решение.**

$$\beta = 90^\circ;$$

$$\frac{\sin \alpha_0}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{n}; \sin \alpha_0 = \frac{1}{n}.$$

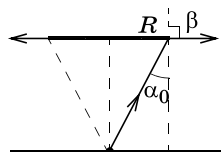
$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{\sin \alpha_0}{\cos \alpha_0} = \frac{1}{n \sqrt{1 - \frac{1}{n^2}}} =$$

$$= \frac{n}{n \sqrt{n^2 - 1}} = \frac{1}{\sqrt{n^2 - 1}}.$$

С другой стороны,  $\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{R_{\min}}{H}$ ;

$$\frac{R_{\min}}{H} = \frac{1}{\sqrt{n^2 - 1}} \Rightarrow R_{\min} = \frac{H}{\sqrt{n^2 - 1}} = \frac{0,4}{\sqrt{1,333^2 - 1}} =$$

$$= 0,45 \text{ м} = 45 \text{ см}.$$



## Урок 62/4. Дисперсия света

**Вид деятельности учащихся:**

- наблюдать дисперсию света;
- приводить доказательства электромагнитной природы света;
- исследовать состав белого света;
- наблюдать разложение белого света в спектр.

■ **Основной материал.** Дисперсия света. Призма Ньютона. Зависимость абсолютного показателя преломления от частоты световой волны. Объяснение явления дисперсии. Зависимость времени запаздывания световой волны от амплитуды вторичной волны. Нормальная дисперсия.

■ **Демонстрации.** Получение на экране сплошного спектра [1, опыт 155].

■ **На дом.** § 56.

## Урок 63/5. Построение изображений и хода лучей при преломлении света

**Вид деятельности учащихся:**

- исследовать закономерности, которым подчиняется явление преломления света;
- строить ход лучей в плоскопараллельной пластине и в призмах.

■ **Основной материал.** Изображение точечного источника. Прохождение света через плоскопараллельную пластинку. Преломление света призмой. Преломляющий угол призмы. Призма полного внутреннего отражения.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 57.

■ **На дом.** § 57; задачи № 3—5 к § 57.

■ **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К решению задач*

**Задача 4.**

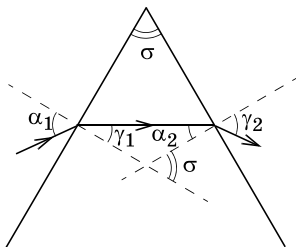
**Решение.**

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_1} = n; \quad \frac{\sin \alpha_2}{\sin \gamma_2} = \frac{1}{n}.$$

По условию задачи  $\alpha_1 = \gamma_2$ . Это возможно при условии, что  $\gamma_1 = \alpha_2$ .

Из рисунка видно, что

$$\alpha_2 + \gamma_1 = \sigma = 60^\circ \Rightarrow \alpha_2 = \gamma_1 = 30^\circ.$$



$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin 30^\circ} = n; \quad \sin \alpha_1 = 1,5 \cdot 0,5 = 0,75; \quad \alpha_1 = 48,6^\circ.$$

### Задача 5.

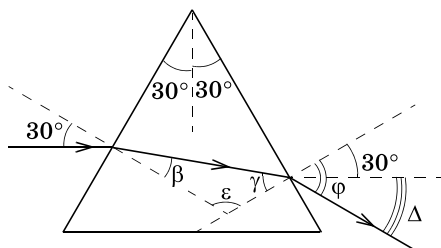
**Решение.**

$$\Delta = \varphi - 30^\circ.$$

$$\frac{\sin \varphi}{\sin \gamma} = n;$$

$$\varphi = \arcsin (n \sin \gamma);$$

$$\frac{\sin 30^\circ}{\sin \beta} = n \Rightarrow \beta = \arcsin \frac{0,5}{n};$$



$$\varepsilon = 180^\circ - (\beta + \gamma) = 180^\circ - 60^\circ, \text{ так как } \beta + \gamma = 60^\circ;$$

$$\gamma = 60^\circ - \beta = 60^\circ - \arcsin \frac{0,5}{n};$$

$$\Delta = \arcsin [n \sin \gamma] - 30^\circ =$$

$$= \arcsin \left[ 1,5 \sin \left( 60^\circ - \arcsin \frac{1}{3} \right) \right] - 30^\circ = 47^\circ.$$

## Урок 64/6. Контрольная работа № 7 «Отражение и преломление света»

**Вид деятельности учащихся:**

— применять законы отражения и преломления света при решении задач.

## Урок 65/7. Линзы

**Вид деятельности учащихся:**

— систематизировать знания о физической величине на примере линейного увеличения оптической системы;

— классифицировать типы линз.

■ **Основной материал.** Геометрические характеристики. Линейное увеличение оптической системы. Линза. Главная оптическая ось и главная плоскость линзы. Типы линз. Собирающие и рассеивающие линзы. Тонкая линза.

■ **На дом.** § 58.

## Урок 66/8. Собирающие линзы

**Вид деятельности учащихся:**

— получать изображения с помощью собирающей линзы;

— строить ход лучей в собирающей линзе;

— вычислять оптическую силу линзы.

■ **Основной материал.** Главный фокус собирающей линзы. Фокусное расстояние. Оптическая сила линзы. Единица оптической силы. Основные лучи для собирающей линзы: характерные и параллельные. Фокальная плоскость линзы.

*Решение задач типа:* № 1, 3 к § 59.

■ **Демонстрации.** Преломление света в линзах [1, опыт 148].

■ **На дом.** § 59; задачи № 2, 4, 5 к § 59.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### К решению задач

#### Задача 4.

##### Решение.

Оптическая сила линзы в среде

$$D = \left( \frac{n_d - n_c}{n_c} \right) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

где  $n_d$  — показатель преломления материала линзы;  $n_c$  — показатель преломления среды.

Оптическая сила линзы в воздухе

$$D_1 = (n_1 - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = (n_1 - 1) \frac{2}{R_1};$$

$$D_1 = (1,5 - 1) \cdot \frac{2}{0,1 \text{ м}} = 10 \text{ дптр.}$$

Оптическая сила линзы в воде

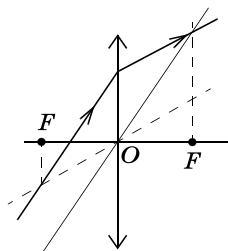
$$D_2 = \left( \frac{n_1 - n_2}{n_2} \right) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \left( \frac{n_1 - n_2}{n_2} \right) \frac{2}{R_1};$$

$$D_2 = \frac{1,5 - 1,33}{1,33} \cdot \frac{2}{0,1 \text{ м}} = 2,56 \text{ дптр.}$$

#### Задача 5.

##### Решение.

Пучок лучей, параллельных побочной оптической оси, после преломления в линзе сходится в точке пересечения фокальной плоскости и побочной оси. Перпендикуляр, опущенный из этой точки на главную оптическую ось, задает положение фокуса.



## урок 67/9. Изображение предмета в собирающей линзе

### Вид деятельности учащихся:

- находить графически оптический центр, главный фокус и фокусное расстояние собирающей линзы;
- строить изображение предмета в линзе.

■ **Основной материал.** Типы изображений: действительное и мнимое. Поперечное увеличение линзы. Построение изображений в собирающей линзе.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 60.

■ **Демонстрации.** Получение изображений с помощью линз [1, опыт 149].

■ **На дом.** § 60; задачи № 3—5 к § 60.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К основному материалу*

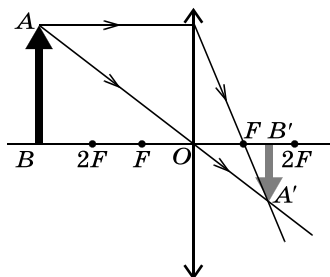
На уроке следует построить изображение в собирающей линзе точечного источника света, находящегося на главной оптической оси, и линейного предмета, расположенного параллельно главной оптической оси, а также графически определить положения оптического центра и главного фокуса линзы.

#### *К решению задач*

#### **Задача 4.**

#### **Решение.**

Изображение получается действительным, уменьшенным, перевернутым, если предмет  $AB$  находится от линзы на расстоянии  $d > 2F$ .



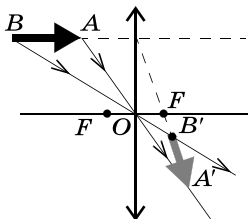
#### **Задача 5.**

#### **Решение.**

Соединяем концы предмета и изображения. Луч, соединяющий эти точки, не преломляется в линзе в том случае, если центр линзы лежит на этом луче. Аналогичные утверждения относятся к лучу, соединяющему начала предметов и изображений. На пересечении этих лучей в точке  $O$  находится оптический центр линзы. Луч, пущенный вдоль предмета, после преломления в линзе идет вдоль изображения. Преломление луча происходит на линзе. Это позволяет найти вторую точку линзы и определить ее положение в пространстве.

Главная оптическая ось перпендикулярна линзе и проходит через ее центр. Луч, параллельный предмету, пере-

секается с продолжением луча  $A'B'$  в фокальной плоскости. Это позволяет найти фокус линзы, изображение — перевернутое, значит, линза собирающая.



## Урок 68/10. Формула тонкой собирающей линзы

**Вид деятельности учащихся:**

— определять величины, входящие в формулу тонкой линзы;

— характеризовать изображения в собирающей линзе.

■ **Основной материал.** Вывод формулы тонкой линзы для двух случаев: предмет находится за фокусом линзы ( $d > F$ ), предмет находится между линзой и фокусом ( $d < F$ ). Характеристики изображений в собирающих линзах.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 61.

■ **На дом.** § 61; задачи № 3—5 к § 61.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К основному материалу*

Для характеристики изображений в собирающей линзе следует построить графики зависимости расстояния от линзы и поперечного увеличения линзы от расстояния от предмета до линзы, т. е. зависимости  $f(d)$  и  $\Gamma(d)$ .

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \text{ следовательно, } f = \frac{Fd}{d - F};$$

$$d + f = d + \frac{Fd}{d - F} = \frac{d^2}{d - F}.$$



Минимальное расстояние ищем как экстремум функции:

$$(d + f)' = \frac{2d(d - F) - d^2}{(d - F)^2} = 0; \quad d^2 - 2dF = 0;$$

$$d = 2F \Rightarrow f = 2F.$$

$$(d + f)_{\min} = 4F.$$

**Задача 5.**

**Решение.**

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{l - d} \Rightarrow$$

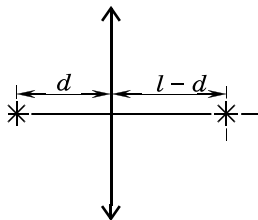
$$\Rightarrow dl - d^2 = Fl;$$

$$d^2 - dl + Fl = 0;$$

$$d^2 - 40d + 10 \cdot 40 = 0;$$

$$d_{1,2} = 20 \pm \sqrt{400 - 400};$$

$$d = 20 \text{ см.}$$



## Урок 69/11. Рассеивающие линзы

**Вид деятельности учащихся:**

— вычислять фокусное расстояние и оптическую силу рассеивающей линзы;

— строить ход лучей в рассеивающей линзе.

■ **Основной материал.** Главный фокус рассеивающей линзы. Фокусное расстояние, оптическая сила. Основные лучи для рассеивающей линзы. Построение хода лучей в рассеивающей линзе.

*Решение задач типа: № 1, 3 к § 62.*

■ **На дом.** § 62; задачи № 2, 4 к § 62.

■ **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

$$D = \frac{(n_x - n_c)}{n_c} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right);$$

$$D_1 = \frac{(1,5 - 1)}{1} \cdot \left( \frac{1}{0,2 \text{ м}} + \frac{1}{-0,1 \text{ м}} \right) = -2,5 \text{ дптр};$$

$$D_2 = \frac{(1,5 - 1,62)}{1,62} \cdot \left( \frac{1}{0,2 \text{ м}} + \frac{1}{-0,1 \text{ м}} \right) = 0,37 \text{ дптр.}$$

## Урок 70/12. Изображение предмета в рассеивающей линзе

**Вид деятельности учащихся:**

- рассчитывать расстояние от изображения предмета до рассеивающей линзы;
- строить изображение предмета в линзе.

■ **Основной материал.** Изображение точечного источника. Поперечное увеличение линзы. Формула тонкой рассеивающей линзы. Характеристики изображения в рассеивающей линзе. Графики зависимости  $f(d)$  и  $\Gamma(d)$ .

*Решение задач типа:* № 1, 3 к § 63.

■ **На дом.** § 63; задачи № 2, 4 к § 63.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f};$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{1}{3} \Rightarrow f = \frac{d}{3};$$

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{3}{d} = -\frac{2}{d};$$

$$d = 2F = 40 \text{ см.}$$

## Урок 71/13. Фокусное расстояние и оптическая сила системы из двух линз

**Вид деятельности учащихся:**

- рассчитывать фокусное расстояние и оптическую силу системы из двух линз;
- находить графически главный фокус оптической системы из двух линз.

■ **Основной материал.** Главный фокус оптической системы. Фокусное расстояние системы из двух собирающих линз. Оптическая сила системы близко расположенных линз. Фокусное расстояние системы



- А. 0,3 см.  
 Б. 0,4 см.  
 В. 0,05 см.

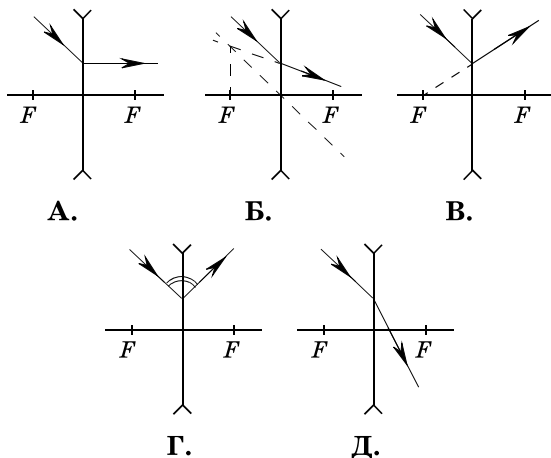
- Г. 1,2 см.  
 Д. 0,6 м.

### II вариант

1. Изображение предмета, расположенного за двойным фокусным расстоянием собирающей линзы, является...

- А. мнимым, прямым, уменьшенным.  
 Б. действительным, прямым, уменьшенным.  
 В. действительным, перевёрнутым, уменьшенным.  
 Г. действительным, перевёрнутым, увеличенным.  
 Д. мнимым, прямым, увеличенным.

2. На каком из рисунков правильно показан ход преломлённого луча в рассеивающей линзе?



3. Какова оптическая сила рассеивающей линзы с фокусным расстоянием 20 см?

- А. 1 дптр.  
 Б. 5 дптр.  
 В. -2 дптр.  
 Г. -5 дптр.  
 Д. 2 дптр.

Ответы. I вариант: 1. Д. 2. Б. 3. Д.

II вариант: 1. В. 2. Б. 3. Г.

## Урок 72/14. Человеческий глаз как оптическая система

### Вид деятельности учащихся:

- анализировать устройство оптической системы глаза;
- оценивать расстояние наилучшего зрения;
- исследовать и анализировать свое зрение.

■ **Основной материал.** Строение глаза. Разрешающая способность и минимальный угол зрения глаза. Аккомодация. Дальняя и ближняя точки. Расстояние наилучшего зрения. Дефекты зрения и их коррекция. Астигматизм.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 65.

■ **Демонстрации.** Таблица «Глаз как оптическая система».

■ **На дом.** § 65; задачи № 3—5 к § 65.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

Без очков:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{\delta} = D,$$

где  $\delta$  — оптическая глубина глаза,  $D$  — оптическая сила глаза.

С очками:

$$\frac{1}{d_n} + \frac{1}{\delta} = D + D_0, \text{ следовательно,}$$

$$D_0 = \frac{1}{d_n} - \frac{1}{d};$$

$$D_0 = \frac{1}{0,25 \text{ м}} - \frac{1}{2 \text{ м}} = 4 \text{ дптр} - 0,5 \text{ дптр} = 3,5 \text{ дптр.}$$

**Задача 5.**

**Решение.**

Без очков расстояние наилучшего зрения  $d$ , с очками —  $d_n$ . Отсюда

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{d_n} - D;$$

$$\frac{1}{d} = 4 \text{ дптр} - (-2,25) \text{ дптр} = 6,25 \text{ дптр};$$

$$d = 0,16 \text{ м.}$$

## Урок 73/15. Оптические приборы, увеличивающие угол зрения

### Вид деятельности учащихся:

— рассчитывать угловое увеличение линзы, микроскопа и телескопа.

■ **Основной материал.** Лупа. Угловое увеличение. Оптический микроскоп. Объектив и окуляр. Оптический телескоп-рефрактор.

*Решение задач типа:* № 1, 3 к § 66.

■ **Демонстрации.** Таблица «Оптические приборы».

■ **На дом.** § 66; задача № 2 к § 66.

## Урок 74/16. Решение задач

### Вид деятельности учащихся:

— строить изображения предметов в линзах и оптических приборах.

*Решение задач типа:* № 4, 5 к § 64; № 4, 5 к § 66.

■ **На дом.** Задачи № 5 к § 62, 63.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4 (к § 64).**

**Решение.**

Оптическая сила системы

$$D = \frac{D_1}{1 - lD_1} + D_2; \quad D = \frac{5 \text{ дптр}}{1 - 0,6 \text{ м} \cdot 5 \text{ дптр}} + 6 \text{ дптр} = 3,5 \text{ дптр.}$$

$d$  — отсчитывается от передней линзы,  $f$  — от задней.

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{d}{Dd - 1};$$

$$f = \frac{0,4 \text{ м}}{3,5 \text{ дптр} \cdot 0,4 \text{ м} - 1} = 1 \text{ м.}$$

Изображение расположено на расстоянии 1 м по ходу света от задней линзы.

Модуль поперечного увеличения системы

$$|\Gamma| = \frac{f}{d} = \frac{1 \text{ м}}{0,4 \text{ м}} = 2,5.$$

**Задача 5 (к § 64).**

**Решение.**

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}.$$

При рассмотрении удаленных предметов  $d \rightarrow \infty$ , следовательно,

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f}; F = f.$$

Поскольку изображение должно находиться против хода света, система должна работать как рассеивающая линза.

**Задача 4 (к § 66).**

**Решение.**

Для микроскопа формула системы линз имеет вид

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{d_{\text{н}}}.$$

Изображение смещено от окуляра против луча света на расстояние наилучшего зрения.

$$F = \frac{dd_{\text{н}}}{d_{\text{н}} - d} = \frac{2,7 \text{ см} \cdot 25 \text{ см}}{25 \text{ см} - 2,7 \text{ см}} = 3 \text{ см}.$$

$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{0,03 \text{ м}} = 33,3 \text{ дптр}.$$

Оптическая сила системы из двух линз

$$D = \frac{1}{F_1 - l} + \frac{1}{F_2} = \frac{D_1}{1 - lD_1} + D_2;$$

$$l = \frac{D - D_1 - D_2}{D_1(D - D_2)};$$

$$l = \frac{33,3 - 40 - 40}{40 \cdot (33,3 - 40)} = 0,174 \text{ (м)}.$$

Коэффициент углового увеличения

$$\Gamma_{\alpha} = D_1 D_2 d_{\text{н}} L;$$

$$L = l - \frac{1}{D_1} - \frac{1}{D_2} = l - \frac{2}{D_1};$$

$$L = 0,174 - 0,05 = 0,124 \text{ (м)};$$

$$\Gamma_{\alpha} = 40 \cdot 40 \cdot 0,25 \cdot 0,124 = 49,6.$$

### Задача 5 (к § 66).

**Решение.**

Угловое увеличение телескопа

$$\Gamma_{\alpha} = \frac{F_1}{F_2} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{60 \text{ дптр}}{0,5 \text{ дптр}} = 120.$$

Невооруженным глазом Луна видна под углом

$$\frac{3480 \text{ км}}{385\,000 \text{ км}} = 0,009 \text{ рад} = 0,52^\circ.$$

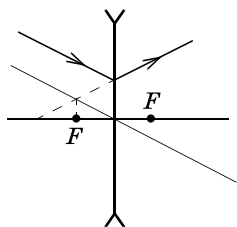
С помощью телескопа этот угол увеличивается в 120 раз:

$$\alpha = 0,52^\circ \cdot 120 = 62^\circ.$$

### Задача 5 (к § 62).

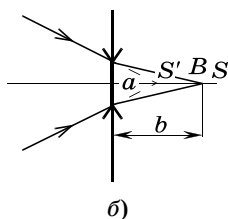
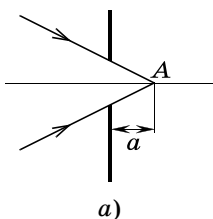
**Решение.**

Луч, параллельный падающему лучу, пересекается с продолжением преломленного луча в фокальной плоскости. Перпендикуляр, опущенный из точки пересечения лучей на главную оптическую ось, даст положение фокуса. Второй фокус строится симметрично оптическому центру (см. рис.).



### Задача 5 (к § 63).

**Решение.**



Ход лучей на рисунке б аналогичен ходу лучей от точечного источника  $S$  в рассеивающей линзе. При этом  $d = b$ ,  $f = a$ .

Тогда

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{b} - \frac{1}{a},$$

$$F = \frac{ab}{b - a} = \frac{4 \text{ см} \cdot 6 \text{ см}}{6 \text{ см} - 4 \text{ см}} = 12 \text{ см}.$$



## Урок 75/17. Контрольная работа № 8 «Геометрическая оптика»

**Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

### Волновая оптика (8 ч)

#### Урок 76/1. Интерференция волн

**Вид деятельности учащихся:**

— определять условия когерентности волн.

■ **Основной материал.** Принцип независимости световых пучков. Сложение волн от независимых точечных источников. Интерференция. Когерентные волны. Время и длина когерентности.

■ На дом. § 67.

#### Урок 77/2. Взаимное усиление и ослабление волн в пространстве

**Вид деятельности учащихся:**

— объяснять условия минимумов и максимумов при интерференции световых волн.

■ **Основной материал.** Условия минимумов и максимумов при интерференции волн. Геометрическая разность хода волн. Интерференция синхронно излучающих источников.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 68.

■ На дом. § 68; задачи № 3—5 к § 68.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

На указанной разности хода укладывается целое число длин волн

$$\frac{\Delta}{\lambda} = \frac{1,2 \text{ мкм}}{0,4 \text{ мкм}} = 3.$$

Значит, волны усиливают друг друга.

**Задача 5.**

**Решение.**

На указанной разности хода укладывается длин волн  $\frac{3,47 \text{ мкм}}{0,694 \text{ мкм}} \approx 5$ . Это значит, что волны усиливают друг друга. Интенсивность в точке  $A$  имеет максимум.

$$I_A = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} = 4I;$$

$$I_A = 4 \text{ Вт/м}^2.$$

## Урок 78/3. Интерференция света

**Вид деятельности учащихся:**

— наблюдать интерференцию света.

■ **Основной материал.** Опыт Юнга. Способы получения когерентных источников. Интерференция света в тонких пленках. Просветление оптики.

■ **Демонстрации.** 1. Полосы интерференции от би-призмы Френеля [1, опыт 122].

2. Демонстрация колец Ньютона [1, опыт 124].

3. Интерференция света в тонких пленках [1, опыт 126].

■ **На дом.** § 69.

## Урок 79/4. Дифракция света

**Вид деятельности учащихся:**

— наблюдать дифракцию света на щели и нити;

— определять условие применимости приближения геометрической оптики.

■ **Основной материал.** Нарушение волнового фронта в среде. Дифракция. Дифракция света на щели. Принцип Гюйгенса—Френеля. Зона Френеля. Условия дифракционных минимумов и максимумов.

■ **Демонстрации.** 1. Дифракция от нити [1, опыт 127].

2. Дифракция от щели [1, опыт 128].

■ **На дом.** § 70.

## **Урок 80/5. Лабораторная работа № 5 «Наблюдение интерференции и дифракции света»**

**Вид деятельности учащихся:**

— наблюдать интерференцию света на мыльной пленке и дифракцию света на узкой щели и тонкой нити;

— обобщать в процессе экспериментальной деятельности.

## **Урок 81/6. Дифракционная решетка**

**Вид деятельности учащихся:**

— определять с помощью дифракционной решетки границы спектральной чувствительности человеческого глаза;

— применять условия дифракционных максимумов и минимумов к решению задач.

■ **Основной материал.** Особенности дифракционной картины. Дифракционная решетка. Период решетки. Условия главных максимумов и побочных минимумов. Разрешающая способность дифракционной решетки.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 71.

■ **Демонстрации.** Дифракция света на дифракционной решетке.

■ **На дом.** § 71; задачи № 3—5 к § 71.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

$$m_{\max} = \frac{d}{\lambda} = \frac{2,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}}{6 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = 4,17.$$

Максимальный порядок спектра — целая часть от найденного числа. В дифракционном спектре число максимумов

$$N_{\max} = 2m_{\max} + 1 = 9.$$

**Задача 5.**

**Решение.**

Разрешающая способность дифракционной решетки

$$A = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} = Nm.$$

Отсюда

$$m = \frac{\lambda_1}{(\lambda_2 - \lambda_1)N};$$

$$m = \frac{589}{(589,6 - 589) \cdot 500} \approx 2.$$

Начиная с максимума второго порядка эти линии можно разрешать.

## **Урок 82/7. Лабораторная работа № 6 «Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решетки»**

**Вид деятельности учащихся:**

— знакомиться с дифракционной решеткой как спектральным прибором и с ее помощью измерять длину световой волны;

— наблюдать и обобщать в процессе экспериментальной деятельности.

## **Урок 83/8. Контрольная работа № 9 «Волновая оптика»**

**Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

# Квантовая теория электромагнитного излучения и вещества (11 ч)

## Урок 84/1. Тепловое излучение

### Вид деятельности учащихся:

— формулировать квантовую гипотезу Планка, законы теплового излучения (Вина и Стефана—Больцмана).

■ **Основной материал.** Тепловое излучение. Абсолютно черное тело. Спектральная плотность энергетической светимости — спектральная характеристика теплового излучения тела. Ультрафиолетовая катастрофа. Квантовая гипотеза Планка. Законы теплового излучения. Фотон. Основные физические характеристики фотона.

■ **Демонстрации.** 1. Распределение энергии в спектре [1, опыт 160].

2. Обнаружение квантов света [1, опыт 166].

■ **На дом.** § 72.

## Урок 85/2. Фотоэффект

### Вид деятельности учащихся:

— наблюдать фотоэлектрический эффект;

— формулировать законы фотоэффекта;

— рассчитывать максимальную кинетическую энергию электронов при фотоэффекте.

■ **Основной материал.** Фотоэффект. Опыты Столетова. Законы фотоэффекта. Квантовая теория фотоэффекта. Работа выхода. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Зависимость кинетической энергии фотоэлектронов от частоты света.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 73.

■ **Демонстрации.** 1. Внешний фотоэффект [1, опыт 167].

2. Зависимость интенсивности внешнего фотоэффекта от величины светового потока и частоты света [1, опыт 169].

3. Законы внешнего фотоэффекта [1, опыт 170].

■ На дом. § 73; задачи № 3—5 к § 73.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

$$h\nu = A_{\text{вых}} + eU_3.$$

Отсюда

$$U_3 = \frac{h\nu - A_{\text{вых}}}{e} = \frac{h \frac{c}{\lambda} - A_{\text{вых}}}{e};$$

$$U_3 = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{4 \cdot 10^{-7} \text{ м}} - 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж/эВ}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж/эВ}} - 2,28 \text{ эВ} = 0,82 \text{ В}.$$

**Задача 5.**

**Решение.**

$U_3 = \frac{q}{C}$  — напряжение, при котором прекращается фототок.

$q = eNS\tau$  — заряд на пластинах конденсатора, при котором прекращается фототок.

$$U_3 = \frac{eNS\tau}{C}, \quad (1)$$

где  $C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$  — емкость плоского конденсатора.

Из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта кинетическая энергия электрона

$$E_k = \frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}}.$$

С другой стороны,

$$E_k = eU_3.$$

Таким образом,

$$U_3 = \frac{hc}{\lambda e} - \frac{A_{\text{вых}}}{e}. \quad (2)$$

Приравнивая уравнения (1) и (2), получим

$$\frac{eNS\tau}{C} = \frac{hc}{\lambda e} - \frac{A_{\text{ВЫХ}}}{e};$$
$$\tau = \frac{C\left(\frac{hc}{\lambda} - A_{\text{ВЫХ}}\right)}{e^2NS} = \frac{\varepsilon_0\left(\frac{hc}{\lambda} - A_{\text{ВЫХ}}\right)}{e^2Nd}.$$

### Урок 86/3. Корпускулярно-волновой дуализм

**Вид деятельности учащихся:**

- приводить доказательства наличия у света корпускулярно-волнового дуализма свойств;
- анализировать опыт по дифракции отдельных фотонов.

■ **Основной материал.** Корпускулярные и волновые свойства фотонов. Корпускулярно-волновой дуализм. Дифракция отдельных фотонов. Статистический характер процессов в микромире.

■ На дом. § 74.

### Урок 87/4. Волновые свойства частиц

**Вид деятельности учащихся:**

- вычислить длину волны де Бройля частицы с известным значением импульса.

■ **Основной материал.** Гипотеза де Бройля. Длина волны де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Соотношение неопределенностей для энергии частиц и времени ее измерения.

■ На дом. § 75.

### Урок 88/5. Строение атома

**Вид деятельности учащихся:**

- обсуждать результат опыта Резерфорда.

■ **Основной материал.** Опыт Резерфорда. Планетарная модель атома. Размер атомного ядра.

■ **Демонстрации.** Таблицы: «Схема опыта Резерфорда», «Модели строения атома».

■ **На дом.** § 76.

## Урок 89/6. Теория атома водорода

**Вид деятельности учащихся:**

— обсуждать физический смысл теории Бора;  
— сравнивать свободные и связанные состояния электрона.

■ **Основной материал.** Первый постулат Бора. Правило квантования орбит Бора. Энергетический спектр атома водорода. Энергетический уровень. Свободные и связанные состояния электрона.

■ **На дом.** § 77.

## Урок 90/7. Поглощение и излучение света атомом

**Вид деятельности учащихся:**

— исследовать линейчатый спектр атома водорода;  
— рассчитывать частоту и длину волны испускаемого света при переходе атома из одного стационарного состояния в другое.

■ **Основной материал.** Энергия ионизации. Второй постулат Бора. Серии излучения атома водорода. Виды излучений. Линейчатый спектр. Спектральный анализ и его применение.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 78.

■ **Демонстрации.** 1. Получение на экране линейчатого спектра [1, опыт 157].

2. Демонстрация спектров поглощения [1, опыт 158].

■ **На дом.** § 78; задачи № 3, 5 к § 78.



## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 5.**

**Решение.**

Литий с одним электроном является водородоподобным атомом. Переход по условию задачи происходит с первой орбиты. Электрон отрывается от атома.

$$E = \frac{k^2 m_e Z^2 e^4}{2\hbar^2} \frac{1}{n^2} = \frac{k^2 m_e Z^2 e^4 \cdot 2\pi^2}{h^2 \cdot n^2} =$$
$$= \frac{(9 \cdot 10^9)^2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 3^2 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^4 \cdot 2 \cdot (3,14)^2}{(6,62 \cdot 10^{-34})^2} =$$
$$= 1,96 \cdot 10^{-17} \text{ (Дж)} = 122 \text{ эВ.}$$

$$E = \frac{hc}{\lambda_{\max}}; \quad \lambda_{\max} = \frac{hc}{E};$$

$$\lambda_{\max} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}}{1,96 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}} = 10 \text{ нм.}$$

## Урок 91/8. Лабораторная работа № 7 «Наблюдение линейчатого и сплошного спектров испускания»

**Вид деятельности учащихся:**

— наблюдать сплошной и линейчатый спектры испускания;

— обобщать в процессе экспериментальной деятельности.

■ На дом. § 78; задача № 4 к § 78.

## ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

$$\frac{c}{\lambda_{\min}} = \frac{k^2 m_e e^4}{4\pi\hbar^3} \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right), \quad k \rightarrow \infty;$$

$$\lambda_{\min} = \frac{4\pi\hbar^3 c}{k^2 m_e e^4 \left( \frac{1}{2^2} \right)} = 365 \text{ нм.}$$

Электрон переходит с очень удаленной орбиты на вторую орбиту.

## Урок 92/9. Лазер

**Вид деятельности учащихся:**

- объяснять принцип действия лазера;
- наблюдать излучение лазера и его воздействие на вещество.

■ **Основной материал.** Процессы взаимодействия атома с фотоном: поглощение, спонтанное и вынужденное излучения. Лазер. Принцип действия лазера. Основные особенности лазерного излучения. Применение лазеров.

■ **Демонстрации.** Таблица «Лазер».

■ **На дом.** § 79.

## Урок 93/10. Электрический разряд в газах

**Вид деятельности учащихся:**

- описывать принцип действия плазменного экрана, конструкцию вакуумного диода и триода.

■ **Основной материал.** Несамостоятельный и самостоятельный разряды. Электрический пробой газа при высоком давлении. Электрический пробой разреженного газа. Виды газового разряда. Газовый разряд в современной технике. Электрический ток в вакууме.

■ **На дом.** § 80.

## Урок 94/11. Контрольная работа № 10 *«Квантовая теория электромагнитного излучения и вещества»*

**Вид деятельности учащихся:**

- применять полученные знания к решению задач.

# ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (16 ч)

## Физика атомного ядра (10 ч)

### Урок 95/1. Состав атомного ядра

#### Вид деятельности учащихся:

— определять зарядовое и массовое числа атомного ядра по таблице Д. И. Менделеева.

■ **Основной материал.** Протон и нейтрон. Протонно-нейтронная модель ядра. Изотопы. Сильное взаимодействие нуклонов. Комптоновская длина волны частицы. Состав и размер ядра.

*Решение задач типа:* № 1, 4 к § 81.

■ **На дом.** § 81; задачи № 2, 3, 5 к § 81.

#### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

Радиус ядра атома равен

$$R = r_0 A^{1/3},$$

где  $r_0 = 1,2$  фм — радиус нуклона.

$$R = 1,2 \text{ фм} \cdot \sqrt[3]{108} = 5,71 \text{ фм}.$$

**Задача 5.**

**Решение.**

Радиус ядра атома равен

$$R = r_0 A^{1/3}.$$

Радиус ядра атома урана

$$R_U = 1,2 \text{ фм} \cdot \sqrt[3]{238} = 7,44 \text{ фм}.$$

Радиус ядра атома кислорода

$$R_O = 1,2 \text{ фм} \cdot \sqrt[3]{16} = 3,024 \text{ фм}.$$

$$\frac{R_U}{R_O} = \frac{7,44}{3,024} = 2,46.$$

## Урок 96/2. Энергия связи нуклонов в ядре

### Вид деятельности учащихся:

— вычислять энергию связи нуклонов в ядре и энергию, выделяющуюся при ядерных реакциях.

■ **Основной материал.** Удельная энергия связи. Зависимость удельной энергии связи от массового числа. Синтез и деление ядер.

*Решение задач типа:* № 1, 3 к § 82.

■ **На дом.** § 82; задачи № 2, 4, 5 к § 82.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

#### З а д а ч а 4.

##### Решение.

Выделяющаяся энергия равна разности энергий связи.

$$\begin{aligned}\Delta E_{\text{св}} &= (m_{\text{H}}^2 + m_{\text{H}}^3 - m_{\text{He}}^{\frac{1}{2}} - m_n)c^2 = \\ &= (2,0141 + 3,01605 - 4,0026 - 1,008665) \text{ а. е. м.} \times \\ &\times 931,5 \frac{\text{МэВ}}{\text{а. е. м.}} = 17,6 \text{ МэВ.}\end{aligned}$$

#### З а д а ч а 5.

##### Решение.

Масса частиц, участвующих в реакции:

$$m_{\text{U}} + m_n = 235,0439 + 1,008665 = 236,052565 \text{ (а. е. м.)}$$

Масса частиц, получившихся в результате реакции:

$$\begin{aligned}m_{\text{Ce}} + m_{\text{Zr}} + 6m_e + 2m_n &= 139,9054 + 93,9036 + \\ + 6 \cdot 0,00054 + 2 \cdot 1,008665 &= 235,8296 \text{ (а. е. м.)}\end{aligned}$$

Дефект массы

$$\Delta m = -0,222965 \text{ а. е. м.}$$

Энергия, выделяющаяся при реакции:

$$\begin{aligned}\Delta E_{\text{св}} = \Delta mc^2 &= 0,222965 \text{ а. е. м.} \cdot 931,5 \frac{\text{МэВ}}{\text{а. е. м.}} = \\ &= 208 \text{ МэВ.}\end{aligned}$$

## Урок 97/3. Естественная радиоактивность

### Вид деятельности учащихся:

— вычислять энергию, выделяющуюся при радиоактивном распаде;

— выявлять причины естественной радиоактивности.

■ **Основной материал.** Радиоактивность. Виды радиоактивности: естественная и искусственная. Радиоактивный распад. Альфа-распад. Энергия распада. Бета-распад. Гамма-излучение.

■ **Демонстрации.** 1. Ионизирующее действие радиоактивного излучения [1, опыт 179].

2. Наблюдение следов заряженных частиц в камере Вильсона [1, опыт 180].

■ На дом. § 83.

## Урок 98/4. Закон радиоактивного распада

### Вид деятельности учащихся:

— определять период полураспада радиоактивного элемента;

— сравнивать активности различных веществ.

■ **Основной материал.** Период полураспада. Закон радиоактивного распада. Активность радиоактивного вещества. Единица активности. Радиоактивные серии.

*Решение задач типа:* № 1, 2 к § 84.

■ На дом. § 84; задачи № 3—5 к § 84.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*К решению задач*

**Задача 4.**

**Решение.**

Среднее время жизни изотопа

$$t = 1,44 \cdot T_{1/2} = 1,44 \cdot 3,82 = 5,5 \text{ (дня)}.$$

### Задача 5.

#### Решение.

Поскольку конечным продуктом радиоактивного распада  ${}_{92}^{238}\text{U}$  является свинец  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ , то

$$\Delta Z = 92 - 82 = 10, \Delta A = 238 - 206 = 32.$$

$$\text{Число альфа-распадов: } \frac{\Delta A}{4} = \frac{32}{4} = 8.$$

$$\text{Число бета-распадов: } 8 \cdot 2 - \Delta Z = 16 - 10 = 6.$$

## Урок 99/5. Искусственная радиоактивность

### Вид деятельности учащихся:

— определять продукты ядерной реакции деления;

— оценивать энергетический выход для реакции деления, критическую массу  ${}^{235}\text{U}$ .

■ **Основной материал.** Деление ядер урана. Цепная реакция деления. Скорость цепной реакции. Коэффициент размножения нейтронов. Самоподдерживающаяся реакция деления ядер. Критическая масса. Критический размер активной зоны.

■ **Демонстрации.** Таблица «Цепная ядерная реакция».

■ **На дом.** § 85.

### ■ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### *К основному материалу*

На уроке рекомендуется провести самостоятельную работу № 4, рассчитанную на 10 минут.

#### *I вариант*

1. Порядковый номер элемента, образовавшегося в результате альфа-распада ядра, равен...

А.  $Z + 2$ .

Г.  $Z - 1$ .

Б.  $Z - 2$ .

Д.  $Z$ .

В.  $Z - 4$ .

2. Ядро атома какого элемента содержит 11 протонов и 12 нейтронов?

- А. Бора. Г. Ванадия.  
Б. Натрия. Д. Магния.  
В. Углерода.

3. Ядро тория-232 претерпевает три альфа-распада и два бета-распада. Определите порядковый номер и массовое число образовавшейся частицы.

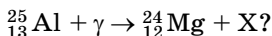
- А. 84; 226. Г. 91; 240.  
Б. 89; 231. Д. 82; 220.  
В. 86; 220.

## II вариант

1. Порядковый номер элемента, образовавшегося в результате бета-распада ядра, равен...

- А.  $Z + 2$ . Г.  $Z - 1$ .  
Б.  $Z - 2$ . Д.  $Z$ .  
В.  $Z + 1$ .

2. Какая частица X образуется в результате ядерной реакции:



- А. Электрон.  
Б. Протон.  
В.  $\alpha$ -Частица.  
Г. Нейтрон.  
Д.  $\gamma$ -Квант.

3. Какая доля радиоактивных атомов останется нераспавшейся через интервал времени, равный двум периодам полураспада?

- А. 25%. Г. 45%.  
Б. 15%. Д. 50%.  
В. 75%.

Ответы. I вариант: 1. В. 2. Б. 3. А.

II вариант: 1. Б. 2. Б. 3. В.

## Урок 100/6. Использование энергии деления ядер. Ядерная энергетика

Вид деятельности учащихся:

— анализировать проблемы ядерной безопасности АЭС;

— описывать устройство и принцип действия АЭС.

■ **Основной материал.** Ядерный реактор. Основные элементы ядерного реактора и их назначение. Атомная электростанция (АЭС). Мощность реактора. Ядерная безопасность АЭС.

■ **Демонстрации.** Таблица «Ядерный реактор».

■ **На дом.** § 86.

## Урок 101/7. Термоядерный синтез

**Вид деятельности учащихся:**

— оценивать перспективы развития термоядерной энергетики;

— сравнивать управляемый термоядерный синтез с управляемым делением ядер.

■ **Основной материал.** Термоядерные реакции. Реакция синтеза легких ядер. Термоядерный синтез. Управляемый термоядерный синтез.

■ **На дом.** § 87.

## Урок 102/8. Ядерное оружие

**Вид деятельности учащихся:**

— сравнивать конструкции и принцип действия атомной и водородной бомб.

■ **Основной материал.** Условие возникновения неуправляемой цепной реакции деления ядер. Атомная бомба, ее принципиальная конструкция. Тритиловый эквивалент. Водородная (термоядерная) бомба, ее принципиальная конструкция.

■ **На дом.** § 88.



## **Урок 103/9. Лабораторная работа № 8 «Изучение взаимодействия частиц и ядерных реакций (по фотографиям)»**

**Вид деятельности учащихся:**

- знакомиться с методом вычисления удельного заряда частицы по фотографии ее трека;
- измерять и обобщать в процессе экспериментальной деятельности.

## **Урок 104/10. Биологическое действие радиоактивных излучений**

**Вид деятельности учащихся:**

- описывать действие радиоактивных излучений различных типов на живой организм;
- объяснять возможности использования радиоактивного излучения в научных исследованиях и на практике.

■ **Основной материал.** Воздействие радиоактивного излучения на вещество. Доза поглощенного излучения и ее единица. Коэффициент относительной биологической активности (коэффициент качества). Эквивалентная доза поглощенного излучения и ее единица. Естественный радиационный фон. Вклад различных источников ионизирующего излучения в естественный радиационный фон.

■ **На дом.** § 89.

## **Элементарные частицы (6 ч)**

### **Урок 105/1. Классификация элементарных частиц**

**Вид деятельности учащихся:**

- классифицировать элементарные частицы на фермионы и бозоны, частицы и античастицы.

■ **Основной материал.** Элементарная частица. Фундаментальные частицы. Фермионы и бозоны. Прин-

цип Паули. Распределение фермионов по энергетическим состояниям. Античастицы. Принцип зарядового сопряжения. Процессы взаимопревращения частиц: аннигиляция и рождение пары.

■ На дом. § 90.

## Урок 106/2. Лептоны как фундаментальные частицы

**Вид деятельности учащихся:**

— классифицировать элементарные частицы на частицы, участвующие в сильном взаимодействии и не участвующие в нем.

■ **Основной материал.** Адроны и лептоны. Лептонный заряд. Закон сохранения лептонного заряда. Слабое взаимодействие лептонов. Переносчики слабого взаимодействия — виртуальные частицы. Бета-распад с участием промежуточного  $W^-$ -бозона.

■ На дом. § 91.

## Урок 107/3. Классификация и структура адронов

**Вид деятельности учащихся:**

— классифицировать адроны и их структуру;  
— характеризовать ароматы кварков.

■ **Основной материал.** Классификация адронов. Мезоны и барионы. Подгруппы барионов: нуклоны и гипероны. Структура адронов. Кварковая гипотеза М. Геллмана и Д. Цвейга. Кварки и антикварки. Характеристики основных типов кварков: спин, электрический заряд, барионный заряд. Закон сохранения барионного заряда. Аромат.

■ На дом. § 92.

## Урок 108/4. Взаимодействие кварков

**Вид деятельности учащихся:**

— перечислять цветовые заряды кварков.

■ **Основной материал.** Цвет кварков. Цветовой заряд — характеристика взаимодействия кварков.

■ **На дом.** § 93 (до фундаментальных частиц).

## Урок 109/5. Фундаментальные частицы

— классифицировать глюоны;

— работать с текстом учебника и представлять информацию в виде таблицы.

■ **Основной материал.** Фундаментальные частицы: кварки и лептоны. Кварк-лептонная симметрия. Фундаментальные частицы, образующие Вселенную. Три поколения фундаментальных частиц. Взаимодействие кварков. Глюоны.

■ **На дом.** § 93.

## Урок 110/6. Контрольная работа № 11 *«Физика высоких энергий»*

**Вид деятельности учащихся:**

— применять полученные знания к решению задач.

## ЭЛЕМЕНТЫ АСТРОФИЗИКИ (8 ч)

### Эволюция Вселенной (8 ч)

#### Урок 111/1. Структура Вселенной, ее расширение. Закон Хаббла

**Вид деятельности учащихся:**

— использовать Интернет для поиска изображений астрономических структур; пояснять физический смысл уравнения Фридмана;

— вести диалог, выслушивать оппонента, участвовать в дискуссии.

■ **Основной материал.** Астрономические структуры, их средний размер. Примерное число звезд в Галактике. Разбегание галактик. Закон Хаббла. Красное смещение спектральных линий. Возраст Вселенной. Модель Фридмана. Критическая плотность Вселенной.

■ **На дом.** § 94, 95.

## **Урок 112/2. Космологическая модель ранней Вселенной. Эра излучения**

**Вид деятельности учащихся:**

— классифицировать периоды эволюции Вселенной.

■ **Основной материал.** Большой взрыв. Основные периоды эволюции Вселенной. Космологическая модель Большого взрыва. Планковская эпоха. Вещество в ранней Вселенной.

■ **На дом.** § 96.

## **Урок 113/3. Нуклеосинтез в ранней Вселенной**

**Вид деятельности учащихся:**

— применять фундаментальные законы физики для объяснения природы космических объектов и явлений.

■ **Основной материал.** Доминирование излучения. Эра нуклеосинтеза. Образование водородно-гелиевой плазмы. Эра атомов. Реликтовое излучение.

■ **На дом.** § 97.

## Урок 114/4. Образование астрономических структур

### Вид деятельности учащихся:

— выступать с докладами и презентациями об образовании эллиптических и спиральных галактик.

■ **Основной материал.** Анизотропия реликтового излучения. Образование сверхскоплений галактик. Образование эллиптических и спиральных галактик. Возникновение звезд. Термоядерные реакции — источник энергии звезд. Протон-протонный цикл.

■ На дом. § 98.

## Урок 115/5. Эволюция звезд

### Вид деятельности учащихся:

— оценивать возраст звезд по их массе;

— связывать синтез тяжелых элементов в звездах с их расположением в таблице Д. И. Менделеева.

■ **Основной материал.** Эволюция звезд различной массы. Коричневый и белый карлик. Красный гигант и сверхгигант. Планетарная туманность. Нейтронная и сверхновая звезда. Синтез тяжелых химических элементов. Квазары.

■ На дом. § 99.

## Урок 116/6. Образование и эволюция Солнечной системы

### Вид деятельности учащихся:

— выступать с докладами о размерах и возрасте лунных кратеров, о солнечных пятнах.

■ **Основной материал.** Химический состав межзвездного вещества. Образование Солнечной системы. Образование прото-Солнца и газопылевого диска. Планетеземали. Протопланеты. Образование и

эволюция планет земной группы и планет-гигантов. Астероиды и кометы. Пояс Койпера, область Оорта.

■ **Демонстрации.** Таблицы: «Планеты земной группы», «Планеты-гиганты».

■ На дом. § 100, 101.

## Урок 117/7. Органическая жизнь во Вселенной

**Вид деятельности учащихся:**

— анализировать условия возникновения жизни;  
— сравнивать условия на различных планетах, делать выводы о возможности зарождения жизни на других планетах.

■ **Основной материал.** Возникновение органической жизни на Земле. Жизнь в Солнечной системе. Жизнь во Вселенной.

■ На дом. § 102.

■ **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

*К основному материалу*

На уроке следует провести кратковременную контрольную работу «Эволюция Вселенной», рассчитанную на 15—20 минут.

*I вариант*

1. Угловое перемещение звезды при наблюдении с Земли в течение 1 часа составило  $(10^{-4})''$ . Найдите минимальную скорость движения звезды относительно Земли.

2. Оцените время с начала расширения Вселенной.

3. Опишите кратко три сценария эволюции Вселенной, если: а)  $\rho < \rho_c$ ; б)  $\rho = \rho_c$ ; в)  $\rho > \rho_c$ .

4. Какого порядка температура в центре Солнца? Почему?

*II вариант*

1. Оцените массу Млечного Пути, если известно, что расстояние от Солнца до центра Галактики  $r = 28\,000$  св. лет, а период его обращения  $T = 230$  млн лет.

2. Оцените, с какой скоростью удаляется от Земли галактика, находящаяся на расстоянии 3,26 млн св. лет.

3. Приведите оценки температуры Вселенной: а) в лептонную эру ( $10^{-4} - 1$ ) с; б) в эпоху нуклеосинтеза (1 – 100) с.

4. При условии, что плотность нейтронной звезды примерно равна  $10^{18}$  кг/м<sup>3</sup>, найдите среднее расстояние между нейтронами в ней.

**Ответы.**

*I вариант:* 1. 150 км/с. 2. 14 млрд лет. 3. а) Ускоренное расширение; б) стационарный режим; в) сжатие после расширения. 4. 10 млн К.

*II вариант:* 1.  $2 \cdot 10^{41}$  кг. 2. 72 км/с. 3. а) ( $10^{12} - 10^{10}$ ) К; б) ( $10^{10} - 10^9$ ) К. 4.  $10^{-15}$  м.

## Урок 118/8. Повторение и обобщение

**Вид деятельности учащихся:**

— представлять доклады, сообщения, презентации.

■ **Основной материал.** Повторение и обобщение.

## ОБОБЩАЮЩЕЕ ПОВТОРЕНИЕ (29 ч)

**Введение (1 ч)**

**Урок 119/1.** Физика в познании вещества, поля, пространства и времени. § 1—6 (учебник 10 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

— объяснять роль физики в познании природы.

**Механика (7 ч)**

**Урок 120/1.** Кинематика равномерного движения материальной точки. § 7—14 (учебник 10 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

— решать задачи на расчет кинематических характеристик;

— составлять обобщающие таблицы;

— строить графики зависимости кинематических характеристик от времени.

**Урок 121/2.** Кинематика периодического движения материальной точки. § 15, 16 (учебник 10 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- выступать с сообщениями и презентациями;
- решать задачи на расчет кинематических величин.

**Урок 122/3.** Динамика материальной точки. § 17—25 (учебник 10 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- применять основные законы динамики к решению задач.

**Урок 123/4.** Законы сохранения. § 26—34 (учебник 10 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- применять законы сохранения к решению задач.

**Урок 124/5.** Динамика периодического движения. § 35—38 (учебник 10 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- применять законы динамики и законы сохранения к периодическому движению.

**Урок 125/6.** Статика. § 39—41 (учебник 10 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- выступать с сообщениями и презентациями;
- решать задачи.

**Урок 126/7.** Релятивистская механика. § 42—46 (учебник 10 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- выступать с сообщениями и презентациями.

**Молекулярная физика (6 ч)**

**Урок 127/1.** Молекулярная структура вещества. § 47, 48 (учебник 10 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- выступать с сообщениями и презентациями.



**Урок 128/2.** Молекулярно-кинетическая теория идеального газа. § 49—54 (учебник 10 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- выступать с сообщениями и презентациями;
- составлять обобщающие таблицы.

**Урок 129/3.** Термодинамика. § 55—60 (учебник 10 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- составлять обобщающие таблицы.

**Урок 130/4.** Жидкость и пар. § 61—66 (учебник 10 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- выступать с сообщениями и презентациями;
- решать задачи.

**Урок 131/5.** Твердое тело. § 67—70 (учебник 10 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- выступать с сообщениями и презентациями.

**Урок 132/6.** Механические волны. Акустика. § 71—76 (учебник 10 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- выступать с сообщениями и презентациями;
- составлять обобщающие таблицы;
- решать задачи.

**Электродинамика (8 ч)**

**Урок 133/1.** Силы электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов. § 77—83 (учебник 10 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- выступать с докладами и презентациями;
- решать задачи.

**Урок 134/2.** Энергия электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов. § 84—93 (учебник 10 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- выступать с докладами и презентациями;
- решать задачи.

**Урок 135/3.** Закон Ома. § 1—10 (учебник 11 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- составлять схемы электрических цепей;
- решать задачи.

**Урок 136/4.** Тепловое действие тока. § 11—16 (учебник 11 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- выступать с докладами и презентациями;
- решать задачи.

**Урок 137/5.** Силы в магнитном поле. § 17—21 (учебник 11 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- составлять обобщающие таблицы.

**Урок 138/6.** Энергия магнитного поля. § 22—29 (учебник 11 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- составлять обобщающие таблицы;
- решать задачи.

**Урок 139/7.** Электромагнетизм. § 30—36 (учебник 11 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- составлять обобщающие таблицы;
- решать задачи.

**Урок 140/8.** Цепи переменного тока. § 37—45 (учебник 11 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- составлять обобщающие таблицы;
- решать задачи.

**Электромагнитное излучение (5 ч)**

**Урок 141/1.** Излучение и прием электромагнитных волн радио- и СВЧ-диапазона. § 46—52 (учебник 11 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- анализировать шкалу электромагнитных излучений;
- решать задачи.

**Урок 142/2.** Отражение и преломление света. § 53—57 (учебник 11 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- выступать с сообщениями и презентациями;
- решать задачи.

**Урок 143/3.** Оптические приборы. § 58—66 (учебник 11 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- выступать с сообщениями и презентациями.

**Урок 144/4.** Волновая оптика. § 67—71 (учебник 11 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- составлять обобщающие таблицы;
- решать задачи.

**Урок 145/5.** Квантовая теория электромагнитного излучения и вещества. § 72—80 (учебник 11 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- выступать с сообщениями и презентациями.

### **Физика высоких энергий (2 ч)**

**Урок 146/1.** Физика атомного ядра. § 81—89 (учебник 11 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- выступать с сообщениями и презентациями.

**Урок 147/2.** Элементарные частицы. § 90—93 (учебник 11 класса)

**Вид деятельности учащихся:**

- выступать с сообщениями и презентациями.

## **ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ (20 ч)**

### **Уроки 148—167**

Выполняются работы<sup>1</sup>:

1. Расширение пределов измерения амперметра.
2. Расширение пределов измерения вольтметра.

---

<sup>1</sup> Каждая работа рассчитана на 2 часа.

**3.** Определение электрохимического эквивалента меди.

**4.** Исследование электрических свойств полупроводников.

**5.** Исследование электромагнитных колебаний в контуре с помощью осциллографа.

**6.** Измерение индуктивного сопротивления катушки.

**7.** Измерение емкостного сопротивления конденсатора.

**8.** Изучение резонанса в последовательном  $R-L-C$ -контуре.

**9.** Измерение фокусного расстояния рассеивающей линзы.

**10.** Наблюдение дифракции Френеля.

**РЕЗЕРВ ВРЕМЕНИ (8 Ч)**

---

# Приложения

Тематическое  
и поурочное планирование  
изучения учебного материала  
(105 ч, 3 ч в неделю)

## **Электродинамика (38 ч)**

### **Постоянный электрический ток (13 ч)**

**Урок 1/1.** Электрический ток. Сила тока (§ 1, 2).

**Урок 2/2.** Источник тока (§ 3, 4).

**Урок 3/3.** Закон Ома для однородного проводника (участка цепи) (§ 5).

**Урок 4/4.** Сопротивление проводника. Зависимость удельного сопротивления проводников и полупроводников от температуры (§ 6, 7).

**Урок 5/5.** Сверхпроводимость (§ 8).

**Урок 6/6.** Соединения проводников (§ 9).

**Урок 7/7.** Контрольная работа № 1 «Закон Ома для участка цепи».

**Урок 8/8.** Закон Ома для замкнутой цепи (§ 11).

**Урок 9/9.** Лабораторная работа № 1 «Исследование смешанного соединения проводников».

**Урок 10/10.** Измерение силы тока и напряжения (§ 13).

**Урок 11/11.** Тепловое действие электрического тока. Закон Джоуля—Ленца (§ 14).

**Урок 12/12.** Электрический ток в растворах и расплавах электролитов (§ 16).

**Урок 13/13.** Контрольная работа № 2 «Постоянный электрический ток».

## **Магнитное поле (9 ч)**

**Урок 14/1.** Магнитное взаимодействие. Магнитное поле электрического тока (§ 17, 18).

**Урок 15/2.** Линии магнитной индукции. Действие магнитного поля на проводник с током (§ 19, 20).

**Урок 16/3.** Рамка с током в однородном магнитном поле (§ 21).

**Урок 17/4.** Действие магнитного поля на движущиеся заряженные частицы (§ 22).

**Урок 18/5.** Масс-спектрограф и циклотрон. Пространственные траектории заряженных частиц в магнитном поле (§ 23, 24).

**Урок 19/6.** Взаимодействие электрических токов (§ 25).

**Урок 20/7.** Магнитный поток (§ 26).

**Урок 21/8.** Энергия магнитного поля тока (§ 27).

**Урок 22/9.** Контрольная работа № 3 *«Магнитное поле»*.

## **Электромагнетизм (8 ч)**

**Урок 23/1.** ЭДС в проводнике, движущемся в магнитном поле (§ 30).

**Урок 24/2.** Электромагнитная индукция (§ 31).

**Урок 25/3.** Способы получения индукционного тока (§ 32).

**Урок 26/4.** Токи замыкания и размыкания (§ 33).

**Урок 27/5.** Лабораторная работа № 2 *«Изучение явления электромагнитной индукции»*.

**Урок 28/6.** Использование электромагнитной индукции (§ 34).

**Урок 29/7.** Генерирование переменного электрического тока (§ 35).

**Урок 30/8.** Контрольная работа № 4 *«Электромагнитная индукция»*.

## **Цепи переменного тока (8 ч)**

**Урок 31/1.** Векторные диаграммы для описания переменных токов и напряжений (§ 37).

**Урок 32/2.** Резистор в цепи переменного тока (§ 38).

- Урок 33/3.** Конденсатор в цепи переменного тока (§ 39).
- Урок 34/4.** Катушка индуктивности в цепи переменного тока (§ 40).
- Урок 35/5.** Свободные гармонические электромагнитные колебания в колебательном контуре (§ 41).
- Урок 36/6.** Колебательный контур в цепи переменного тока (§ 42).
- Урок 37/7.** Примесный полупроводник — составная часть элементов схем. Полупроводниковый диод (§ 43, 44).
- Урок 38/8.** Контрольная работа № 5 «*Переменный ток*».

### **Электромагнитное излучение (34 ч)**

#### **Излучение и прием электромагнитных волн радио- и СВЧ-диапазона (7 ч)**

- Урок 39/1.** Электромагнитные волны (§ 46).
- Урок 40/2.** Распространение электромагнитных волн (§ 47).
- Урок 41/3.** Энергия, переносимая электромагнитными волнами (§ 48).
- Урок 42/4.** Давление и импульс электромагнитных волн (§ 49).
- Урок 43/5.** Спектр электромагнитных волн (§ 50).
- Урок 44/6.** Радио- и СВЧ-волны в средствах связи. Радиотелефонная связь, радиовещание (§ 51, 52).
- Урок 45/7.** Контрольная работа № 6 «*Изучение и прием электромагнитных волн радио- и СВЧ-диапазона*».

#### **Геометрическая оптика (11 ч)**

- Урок 46/1.** Принцип Гюйгенса. Отражение волн (§ 53, 54).
- Урок 47/2.** Преломление волн (§ 55).
- Урок 48/3.** Лабораторная работа № 3 «*Измерение показателя преломления стекла*».
- Урок 49/4.** Дисперсия света (§ 56).

**Урок 50/5.** Построение изображений и хода лучей при преломлении света (§ 57).

**Урок 51/6.** Контрольная работа № 7 «*Отражение и преломление света*».

**Урок 52/7.** Линзы. Собирающие линзы (§ 58, 59).

**Урок 53/8.** Изображение предмета в собирающей линзе. Формула тонкой собирающей линзы (§ 60, 61).

**Урок 54/9.** Рассеивающие линзы. Изображение предмета в рассеивающей линзе (§ 62, 63).

**Урок 55/10.** Фокусное расстояние и оптическая сила системы из двух линз (§ 64).

**Урок 56/11.** Контрольная работа № 8 «*Геометрическая оптика*».

### **Волновая оптика (6 ч)**

**Урок 57/1.** Интерференция волн. Взаимное усиление и ослабление волн в пространстве (§ 67, 68).

**Урок 58/2.** Интерференция света (§ 69).

**Урок 59/3.** Дифракция света (§ 70).

**Урок 60/4.** Дифракционная решетка (§ 71).

**Урок 61/5.** Лабораторная работа № 4 «*Наблюдение интерференции и дифракции света*».

**Урок 62/6.** Контрольная работа № 9 «*Волновая оптика*».

### **Квантовая теория электромагнитного излучения и вещества (10 ч)**

**Урок 63/1.** Тепловое излучение (§ 72).

**Урок 64/2.** Фотоэффект (§ 73).

**Урок 65/3.** Корпускулярно-волновой дуализм (§ 74).

**Урок 66/4.** Волновые свойства частиц (§ 75).

**Урок 67/5.** Строение атома (§ 76).

**Урок 68/6.** Теория атома водорода (§ 77).

**Урок 69/7.** Поглощение и излучение света атомом (§ 78).

**Урок 70/8.** Лабораторная работа № 5 «*Наблюдение линейчатого и сплошного спектров испускания*».



**Урок 71/9.** Лазер (§ 79).

**Урок 72/10.** Контрольная работа № 10 «Квантовая теория электромагнитного излучения и вещества».

### **Физика высоких энергий (13 ч)**

#### **Физика атомного ядра (8 ч)**

**Урок 73/1.** Состав атомного ядра (§ 81).

**Урок 74/2.** Энергия связи нуклонов в ядре (§ 82).

**Урок 75/3.** Естественная радиоактивность (§ 83).

**Урок 76/4.** Закон радиоактивного распада (§ 84).

**Урок 77/5.** Искусственная радиоактивность (§ 85).

**Урок 78/6.** Использование энергии деления ядер.  
Ядерная энергетика (§ 86).

**Урок 79/7.** Термоядерный синтез (§ 87).

**Урок 80/8.** Ядерное оружие. Биологическое действие радиоактивных излучений (§ 88, 89).

#### **Элементарные частицы (5 ч)**

**Урок 81/1.** Классификация элементарных частиц (§ 90).

**Урок 82/2.** Лептоны как фундаментальные частицы (§ 91).

**Урок 83/3.** Классификация и структура адронов (§ 92).

**Урок 84/4.** Взаимодействие кварков (§ 93).

**Урок 85/5.** Контрольная работа № 11 «Физика высоких энергий».

### **Элементы астрофизики (4 ч)**

#### **Эволюция Вселенной (4 ч)**

**Урок 86/1.** Структура Вселенной, ее расширение. Закон Хаббла (§ 94, 95).

**Урок 87/2.** Космологическая модель ранней Вселенной. Эра излучения. Нуклеосинтез в ранней Вселенной (§ 96, 97).

**Урок 88/3.** Образование астрономических структур. Эволюция звезд (§ 98, 99).

**Урок 89/4.** Образование и эволюция Солнечной системы (§ 100, 101).

### **Обобщающее повторение (13 ч)**

#### **10 класс (6 ч)**

**Урок 90/1.** Физика в познании вещества, поля, пространства и времени (§ 1—6).

**Урок 91/2.** Кинематика и динамика материальной точки (§ 7—25).

**Урок 92/3.** Законы сохранения. Динамика периодического движения. Релятивистская механика (§ 26—46).

**Урок 93/4.** Молекулярная структура вещества. Молекулярно-кинетическая теория идеального газа. Термодинамика (§ 47—60).

**Урок 94/5.** Жидкость и пар. Твердое тело. Механические волны. Акустика (§ 61—68, 71—76).

**Урок 95/6.** Силы и энергия взаимодействия неподвижных зарядов (§ 77—79, 81—89, 91—93).

#### **11 класс (7 ч)**

**Урок 96/1.** Постоянный электрический ток (§ 1—16).

**Урок 97/2.** Магнитное поле. Электромагнетизм (§ 17—27, 30—36).

**Урок 98/3.** Цепи переменного тока. Излучение и прием электромагнитных волн радио- и СВЧ-диапазона (§ 37—44, 46—52).

**Урок 99/4.** Геометрическая оптика (§ 53—64).

**Урок 100/5.** Волновая оптика (§ 67—71).

**Урок 101/6.** Квантовая теория электромагнитного излучения и вещества (§ 72—79).

**Урок 102/7.** Физика атомного ядра. Элементарные частицы (§ 81—93).

### **Резерв времени (3 ч)**

Тематическое  
и поурочное планирование  
изучения учебного материала  
(140 ч, 4 ч в неделю)

**Электродинамика (45 ч)**

**Постоянный электрический ток (16 ч)**

**Урок 1/1.** Электрический ток. Сила тока (§ 1, 2).

**Урок 2/2.** Источник тока (§ 3).

**Урок 3/3.** Источник тока в электрической цепи (§ 4).

**Урок 4/4.** Закон Ома для однородного проводника  
(участка цепи) (§ 5).

**Урок 5/5.** Сопротивление проводника (§ 6).

**Урок 6/6.** Зависимость удельного сопротивления  
проводников и полупроводников от температуры  
(§ 7).

**Урок 7/7.** Сверхпроводимость (§ 8).

**Урок 8/8.** Соединения проводников (§ 9).

**Урок 9/9.** Расчет сопротивления электрических це-  
пей (§ 10). Лабораторная работа № 1 *«Исследова-  
ние смешанного соединения проводников»*.

**Урок 10/10.** Контрольная работа № 1 *«Закон Ома  
для участка цепи»*.

**Урок 11/11.** Закон Ома для замкнутой цепи (§ 11).  
Лабораторная работа № 2 *«Изучение закона Ома  
для полной цепи»*.

**Урок 12/12.** Закон Ома для замкнутой цепи. Расчет  
силы тока и напряжения в электрических цепях  
(§ 11, 12).

**Урок 13/13.** Измерение силы тока и напряжения  
(§ 13).

**Урок 14/14.** Тепловое действие электрического тока.  
Закон Джоуля—Ленца (§ 14).

**Урок 15/15.** Передача электроэнергии от источника  
к потребителю. Электрический ток в растворах  
и расплавах электролитов (§ 15, 16).

**Урок 16/16.** Контрольная работа № 2 *«Закон Ома  
для замкнутой цепи»*.

## **Магнитное поле (12 ч)**

**Урок 17/1.** Магнитное взаимодействие. Магнитное поле электрического тока (§ 17, 18).

**Урок 18/2.** Линии магнитной индукции (§ 19).

**Урок 19/3.** Действие магнитного поля на проводник с током (§ 20).

**Урок 20/4.** Рамка с током в однородном магнитном поле (§ 21).

**Урок 21/5.** Действие магнитного поля на движущиеся заряженные частицы (§ 22).

**Урок 22/6.** Масс-спектрограф и циклотрон (§ 23).

**Урок 23/7.** Пространственные траектории заряженных частиц в магнитном поле (§ 24).

**Урок 24/8.** Взаимодействие электрических токов (§ 25).

**Урок 25/9.** Магнитный поток (§ 26).

**Урок 26/10.** Энергия магнитного поля тока (§ 27).

**Урок 27/11.** Решение задач (§ 27).

**Урок 28/12.** Контрольная работа № 3 «*Магнитное поле*».

## **Электромагнетизм (8 ч)**

**Урок 29/1.** ЭДС в проводнике, движущемся в магнитном поле (§ 30).

**Урок 30/2.** Электромагнитная индукция (§ 31).

**Урок 31/3.** Способы получения индукционного тока (§ 32).

**Урок 32/4.** Токи замыкания и размыкания (§ 33).

**Урок 33/5.** Лабораторная работа № 3 «*Изучение явления электромагнитной индукции*».

**Урок 34/6.** Использование электромагнитной индукции (§ 34).

**Урок 35/7.** Генерирование переменного электрического тока. Передача электроэнергии на расстояние (§ 35, 36).

**Урок 36/8.** Контрольная работа № 4 «*Электромагнитная индукция*».

## **Цепи переменного тока (9 ч)**

**Урок 37/1.** Векторные диаграммы для описания переменных токов и напряжений (§ 37).

**Урок 38/2.** Резистор в цепи переменного тока (§ 38).

**Урок 39/3.** Конденсатор в цепи переменного тока (§ 39).

**Урок 40/4.** катушка индуктивности в цепи переменного тока (§ 40).

**Урок 41/5.** Свободные гармонические электромагнитные колебания в колебательном контуре (§ 41).

**Урок 42/6.** Колебательный контур в цепи переменного тока (§ 42).

**Урок 43/7.** Примесный полупроводник — составная часть элементов схем (§ 43).

**Урок 44/8.** Полупроводниковый диод (§ 44).

**Урок 45/9.** Контрольная работа № 5 «Переменный ток».

## **Электромагнитное излучение (40 ч)**

### **Излучение и прием электромагнитных волн радио- и СВЧ-диапазона (7 ч)**

**Урок 46/1.** Электромагнитные волны (§ 46).

**Урок 47/2.** Распространение электромагнитных волн (§ 47).

**Урок 48/3.** Энергия, переносимая электромагнитными волнами (§ 48).

**Урок 49/4.** Давление и импульс электромагнитных волн (§ 49).

**Урок 50/5.** Спектр электромагнитных волн (§ 50).

**Урок 51/6.** Радио- и СВЧ-волны в средствах связи. Радиотелефонная связь, радиовещание (§ 51, 52).

**Урок 52/7.** Контрольная работа № 6 «Излучение и прием электромагнитных волн радио- и СВЧ-диапазона».

### **Геометрическая оптика (15 ч)**

**Урок 53/1.** Принцип Гюйгенса. Отражение волн (§ 53, 54).

- Урок 54/2.** Преломление волн (§ 55).
- Урок 55/3.** Лабораторная работа № 4 «Измерение показателя преломления стекла».
- Урок 56/4.** Дисперсия света (§ 56).
- Урок 57/5.** Построение изображений и хода лучей при преломлении света (§ 57).
- Урок 58/6.** Контрольная работа № 7 «Отражение и преломление света».
- Урок 59/7.** Линзы (§ 58).
- Урок 60/8.** Собирающие линзы (§ 59).
- Урок 61/9.** Изображение предмета в собирающей линзе (§ 60).
- Урок 62/10.** Формула тонкой собирающей линзы (§ 61).
- Урок 63/11.** Рассеивающие линзы (§ 62).
- Урок 64/12.** Изображение предмета в рассеивающей линзе (§ 63).
- Урок 65/13.** Фокусное расстояние и оптическая сила системы из двух линз (§ 64).
- Урок 66/14.** Решение задач (§ 64).
- Урок 67/15.** Контрольная работа № 8 «Геометрическая оптика».

### **Волновая оптика (8 ч)**

- Урок 68/1.** Интерференция волн (§ 67).
- Урок 69/2.** Взаимное усиление и ослабление волн в пространстве (§ 68).
- Урок 70/3.** Интерференция света (§ 69).
- Урок 71/4.** Дифракция света (§ 70).
- Урок 72/5.** Лабораторная работа № 5 «Наблюдение интерференции и дифракции света».
- Урок 73/6.** Дифракционная решетка (§ 71).
- Урок 74/7.** Лабораторная работа № 6 «Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решетки».
- Урок 75/8.** Контрольная работа № 9 «Волновая оптика».

## **Квантовая теория электромагнитного излучения и вещества (10 ч)**

**Урок 76/1.** Тепловое излучение (§ 72).

**Урок 77/2.** Фотоэффект (§ 73).

**Урок 78/3.** Корпускулярно-волновой дуализм (§ 74).

**Урок 79/4.** Волновые свойства частиц (§ 75).

**Урок 80/5.** Строение атома (§ 76).

**Урок 81/6.** Теория атома водорода (§ 77).

**Урок 82/7.** Поглощение и излучение света атомом.  
Лазер (§ 78, 79).

**Урок 83/8.** Лабораторная работа № 7 *«Наблюдение линейчатого и сплошного спектров испускания»*.

**Урок 84/9.** Электрический разряд в газах (§ 80).

**Урок 85/10.** Контрольная работа № 10 *«Квантовая теория электромагнитного излучения и вещества»*.

## **Физика высоких энергий (16 ч)**

### **Физика атомного ядра (10 ч)**

**Урок 86/1.** Состав атомного ядра (§ 81).

**Урок 87/2.** Энергия связи нуклонов в ядре (§ 82).

**Урок 88/3.** Естественная радиоактивность (§ 83).

**Урок 89/4.** Закон радиоактивного распада (§ 84).

**Урок 90/5.** Искусственная радиоактивность (§ 85).

**Урок 91/6.** Использование энергии деления ядер.  
Ядерная энергетика (§ 86).

**Урок 92/7.** Термоядерный синтез (§ 87).

**Урок 93/8.** Ядерное оружие (§ 88).

**Урок 94/9.** Лабораторная работа № 8 *«Изучение взаимодействия частиц и ядерных реакций (по фотографиям)»*.

**Урок 95/10.** Биологическое действие радиоактивных излучений (§ 89).

### **Элементарные частицы (6 ч)**

**Урок 96/1.** Классификация элементарных частиц (§ 90).

**Урок 97/2.** Лептоны как фундаментальные частицы (§ 91).

**Урок 98/3.** Классификация и структура адронов (§ 92).

**Урок 99/4.** Взаимодействие кварков (§ 93).

**Урок 100/5.** Фундаментальные частицы (§ 93).

**Урок 101/6.** Контрольная работа № 11 «Физика высоких энергий».

### **Элементы астрофизики (6 ч)**

#### **Эволюция Вселенной (6 ч)**

**Урок 102/1.** Структура Вселенной и ее расширение. Закон Хаббла (§ 94, 95).

**Урок 103/2.** Космологическая модель ранней Вселенной. Эра излучения. Нуклеосинтез в ранней Вселенной (§ 96, 97).

**Урок 104/3.** Образование астрономических структур (§ 98).

**Урок 105/4.** Эволюция звезд (§ 99).

**Урок 106/5.** Образование и эволюция Солнечной системы (§ 100, 101).

**Урок 107/6.** Возникновение органической жизни на Земле (§ 102).

### **Обобщающее повторение (28 ч)**

#### **10 класс (15 ч)**

**Урок 108/1.** Физика в познании вещества, поля, пространства и времени (§ 1—6).

**Урок 109/2.** Кинематика равномерного движения материальной точки (§ 7—14).

**Урок 110/3.** Кинематика периодического движения материальной точки (§ 15, 16).

**Урок 111/4.** Динамика материальной точки (§ 17—25).

**Урок 112/5.** Законы сохранения (§ 26—34).

**Урок 113/6.** Динамика периодического движения (§ 35—38).



- Урок 114/7.** Релятивистская механика (§ 42—46).
- Урок 115/8.** Молекулярная структура вещества (§ 47, 48).
- Урок 116/9.** Молекулярно-кинетическая теория идеального газа (§ 49—54).
- Урок 117/10.** Термодинамика (§ 55—60).
- Урок 118/11.** Жидкость и пар (§ 61—66).
- Урок 119/12.** Твердое тело (§ 67, 68, 70).
- Урок 120/13.** Механические волны. Акустика (§ 71—76).
- Урок 121/14.** Силы электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов (§ 77—79, 81—83).
- Урок 122/15.** Энергия электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов (§ 84—88, 90—93).

### **11 класс (13 ч)**

- Урок 123/1.** Закон Ома (§ 1—10).
- Урок 124/2.** Тепловое действие электрического тока (§ 11—16).
- Урок 125/3.** Магнитное поле (§ 17—21).
- Урок 126/4.** Магнитное поле (§ 22—25, 27, 28).
- Урок 127/5.** Электромагнетизм (§ 30—36).
- Урок 128/6.** Цепи переменного тока (§ 37—45).
- Урок 129/7.** Излучение и прием электромагнитных волн радио- и СВЧ-диапазона (§ 46—52).
- Урок 130/8.** Отражение и преломление света (§ 53—57).
- Урок 131/9.** Оптические приборы (§ 58—64).
- Урок 132/10.** Волновая оптика (§ 67—71).
- Урок 133/11.** Квантовая теория электромагнитного излучения и вещества (§ 72—80).
- Урок 134/12.** Физика атомного ядра (§ 81—89).
- Урок 135/13.** Элементарные частицы (§ 90—93).

### **Резерв времени (5 ч)**

---

# Содержание

Предисловие .....	3
<b>Тематическое и поурочное планирование изучения учебного материала .....</b>	<b>20</b>
<b>Поурочное планирование изучения учебного материала .....</b>	<b>29</b>
<b>Электродинамика .....</b>	<b>29</b>
Постоянный электрический ток .....	29
Магнитное поле .....	49
Электромагнетизм .....	60
Цепи переменного тока .....	68
<b>Электромагнитное излучение .....</b>	<b>75</b>
Излучение и прием электромагнитных волн радио- и СВЧ-диапазона .....	75
Геометрическая оптика .....	79
Волновая оптика .....	97
Квантовая теория электромагнитного излучения и вещества .....	101
<b>Физика высоких энергий .....</b>	<b>107</b>
Физика атомного ядра .....	107
Элементарные частицы .....	113
<b>Элементы астрофизики .....</b>	<b>115</b>
Эволюция Вселенной .....	115
<b>Обобщающее повторение .....</b>	<b>119</b>

**Лабораторный практикум** . . . . . 123

**Приложения**

Тематическое и поурочное планирование  
изучения учебного материала  
(105 ч, 3 ч в неделю) . . . . . 125

Тематическое и поурочное планирование  
изучения учебного материала  
(140 ч, 4 ч в неделю) . . . . . 131