

Л. Э. Генденштейн, А. А. Булатова,
А. В. Кошкина, И. Н. Корнильев

ФИЗИКА

11 класс

Базовый и углубленный уровни

Методическое пособие
с указаниями к решению задач
повышенной трудности



Москва
БИНОМ. Лаборатория знаний

УДК 372.853
ББК 74.262.22
Г34

Авторы:

Л. Э. Генденштейн, А. А. Булатова,
А. В. Кошкина, И. Н. Корнильев

Генденштейн Л. Э.

Г34 Физика. 11 класс. Базовый и углублённый уровни. Методическое пособие с указаниями к решению задач повышенной трудности / Л. Э. Генденштейн, А. А. Булатова, А. В. Кошкина, И. Н. Корнильев. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2018. — 208 с : ил.

ISBN 978-5-9963-3678-4

Настоящая книга состоит из четырёх частей: «Примерная рабочая программа», «Примерное поурочное планирование», «Методические рекомендации» и «Указания к решению задач повышенной трудности».

Примерная рабочая программа соответствует всему курсу физики для старшей школы (10 и 11 классы).

В примерном поурочном планировании приведено распределение часов по всем разделам физики на базовом уровне (2 часа в неделю) и на углублённом уровне (5 часов в неделю). Также представлено примерное содержание уроков для базового и углублённого уровней.

В «Методических рекомендациях» изложены основные положения Метода исследования ключевых ситуаций как методической основы реализации деятельностного подхода к обучению физике, а также приведены тематические рекомендации по главам.

Для учителей физики и методистов.

УДК 372.853
ББК 74.262.22

© ООО «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2018
© Генденштейн Л. Э., Булатова А. А.,
Кошкина А. В., Корнильев И. Н.
© Художественное оформление
ООО «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2018
Все права защищены

ISBN 978-5-9963-3678-4

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая книга состоит из следующих четырёх частей.

- Примерная рабочая программа.
- Примерное поурочное планирование и содержание уроков.
- Методические рекомендации.
- Указания к решению задач повышенной трудности.

Примерная рабочая программа соответствует всему курсу физики для старшей школы (10-й и 11-й классы).

В примерном поурочном планировании приведено распределение часов по всем разделам физики на базовом уровне (2 часа в неделю) и на углублённом уровне (5 часов в неделю).

Представлено также примерное содержание уроков для базового и углублённого уровней.

Методические рекомендации начинаются с раздела «Обучение физике с использованием метода исследования ключевых ситуаций», в котором излагается указанный метод как реализация системно-деятельностного подхода к обучению. Систематическое использование этого метода позволит организовать учебно-исследовательскую деятельность учащихся на большинстве уроков физики, благодаря чему учащиеся овладеют искусством не только решения, но и постановки задач. Далее приведены тематические методические рекомендации по главам.

В указаниях к решению задач повышенной трудности приводятся соображения, позволяющие записать уравнения или системы уравнений, необходимые для решения большинства таких задач, содержащихся в учебнике. При этом мы не даём готовых решений, которые могут списать учащиеся, когда эта книга попадёт им в руки. Поэтому приведённые в настоящей книге указания к решению задач не следует «держат в тайне» от учеников, наоборот, если у ваших учеников тоже будет эта книга, они не будут искать «решебники» (часто с ошибками).

Примерная рабочая программа написана совместно с Н. Н. Лукиенко.

Желаем плодотворной и дружной совместной работы с учениками!

ПРИМЕРНАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Физика. 10–11 класс (базовый и углублённый уровни)¹⁾

Пояснительная записка

Программа учебного предмета «Физика» предназначена для учителей, работающих в 10-м и 11-м классах общеобразовательных организаций.

Программа составлена на основе следующих документов.

1. Приказ Минобрнауки России от 17 мая 2012 г. № 413 «Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования».

2. Приказ Минобрнауки России от 29 декабря 2014 года № 1645 «О внесении изменений в приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 г. № 413 “Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования”».

3. Примерная основная образовательная программа среднего общего образования. Одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию (протокол от 28 июня 2016 г. № 2/16-з).

Программа определяет содержание и структуру учебного материала, последовательность его изучения, пути формирования системы знаний, умений и способов деятельности, развития, воспитания и социализации учащихся.

В программе представлено планирование на 70/175 часов в год.

Цель изучения физики как учебного предмета:

- продолжить формирование у обучающихся представлений о научной картине мира — важного ресурса научно-технического прогресса, ознакомление обучающихся с физическими и астрономическими явлениями, основными принципами работы механизмов, высокотехнологичных устройств и приборов, развитие компетенций в

1) Примерная рабочая программа написана совместно с Н. Н. Лукиенко.

решении инженерно-технических и научно-исследовательских задач;

- достижение выпускниками планируемых результатов: знаний, умений, навыков, компетенций и компетентностей, определяемых личностными, семейными, общественными, государственными потребностями и возможностями обучающегося в 10-м и 11-м классах, индивидуальной образовательной траектории его развития и состояния здоровья.

Задачи обучения физике:

- развитие у обучающихся представлений о строении, свойствах, законах существования и движения материи, освоение обучающимися общих законов и закономерностей природных явлений, создание условий для формирования интеллектуальных, творческих, гражданских, коммуникационных, информационных компетенций;
- овладение научными методами решения различных теоретических и практических задач, умениями формулировать гипотезы, конструировать, проводить эксперименты, оценивать и анализировать полученные результаты, сопоставлять их с объективными реалиями жизни;
- формирование у обучающихся умений безопасно использовать лабораторное оборудование, проводить естественнонаучные исследования и эксперименты, анализировать полученные результаты, представлять и научно аргументировать полученные выводы;
- формирование у обучающихся научного мировоззрения, освоение общенаучных методов (наблюдение, измерение, эксперимент, моделирование), освоение практического применения научных знаний физики в жизни, формирование межпредметных связей с такими предметами, как математика, информатика, химия, биология, география, экология, литература и др.

Характеристика учебного предмета и его место в учебном плане

Характеристика учебного предмета

Изучение физики в 10—11-м классах на базовом и углублённом уровнях знакомит учащихся с основами физики и её

применением, влияющим на развитие цивилизации. Понимание основных законов природы и влияния науки на развитие общества — важнейший элемент общей культуры. Изучение физики необходимо для формирования миропонимания, развития научного способа мышления.

Эффективное изучение учебного предмета предполагает преемственность, когда постоянно привлекаются полученные ранее знания, устанавливаются новые связи в изучаемом материале. Это особенно важно учитывать при изучении физики в старших классах, поскольку многие из изучаемых вопросов уже знакомы учащимся по курсу физики основной школы. Следует учитывать, однако, что среди старшеклассников, выбравших изучение физики на базовом уровне, есть и такие, у кого были трудности при изучении физики в основной школе. Поэтому в данной программе предусмотрено повторение и углубление основных идей и понятий, изучавшихся в курсе физики основной школы.

Главное отличие при изучении предмета «Физика» в старших классах от изучаемого в основной школе материала состоит в том, что в 7—9-м классах изучаются физические явления, а в 10—11-м классах — основы физических теорий и их применение.

Для решения задач формирования основ научного мировоззрения, развития интеллектуальных способностей и познавательных интересов школьников в процессе изучения физики основное внимание следует уделять знакомству с методами научного познания окружающего мира, постановке проблем, требующих от учащихся самостоятельной деятельности по их разрешению.

Методологической основой Программы и УМК для 10—11-го классов является системно-деятельностный подход. Авторский коллектив УМК рекомендует использовать метод ключевых ситуаций, который позволяет организовать учебно-исследовательскую деятельность учащихся, реализовать системно-деятельностный подход при изучении физики как учебного предмета.

Место учебного предмета в учебном плане

В средней школе физика изучается в 10-м и 11-м классах. Учебный план включает 140 учебных часов на базовом уровне, из расчёта 2 учебных часа в неделю и 350 часов на углублённом уровне, из расчёта 5 учебных часов в неделю.

Планируемые личностные и метапредметные результаты освоения учебного предмета «Физика»

Планируемые личностные результаты

Личностные результаты в сфере отношений обучающихся к себе, к своему здоровью, к познанию себя:

- ориентация обучающихся на реализацию позитивных жизненных перспектив, инициативность, креативность, готовность и способность к личностному самоопределению, способность ставить цели и строить жизненные планы;
- готовность и способность обучающихся к отстаиванию собственного мнения, выработке собственной позиции по отношению к общественно-политическим событиям прошлого и настоящего на основе осознания и осмысления истории, духовных ценностей и достижений нашей страны, в том числе в сфере науки и техники;
- готовность и способность обучающихся к саморазвитию и самовоспитанию в соответствии с общечеловеческими ценностями и идеалами гражданского общества;
- принятие и реализация ценностей здорового и безопасного образа жизни.

Личностные результаты в сфере отношений обучающихся к России как к Родине (Отечеству):

- российская идентичность, способность к осознанию российской идентичности в поликультурном социуме, чувство причастности к историко-культурной общности российского народа и судьбе России, патриотизм, готовность к служению Отечеству;
- уважение к своему народу, чувство ответственности перед Родиной, гордости за свой край, свою Родину, прошлое и настоящее многонационального народа России.

Личностные результаты в сфере отношений обучающихся к закону, государству и к гражданскому обществу:

- мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и общественной практики, основанное на диалоге культур, а также различных форм общественного сознания, осознание своего места в поликультурном мире;

- готовность обучающихся к конструктивному участию в принятии решений, затрагивающих права и интересы, в том числе в различных формах общественной самоорганизации, самоуправления, общественно значимой деятельности.

Личностные результаты в сфере отношений обучающихся с окружающими людьми:

- нравственное сознание и поведение на основе усвоения общечеловеческих ценностей, толерантного сознания и поведения в поликультурном мире, готовности и способности вести диалог с другими людьми, достигать в нём взаимопонимания, находить общие цели и сотрудничать для их достижения;
- принятие гуманистических ценностей, осознанное, уважительное и доброжелательное отношение к другому человеку, его мнению, мировоззрению;
- способность к сопереживанию и формирование позитивного отношения к людям, в том числе к лицам с ограниченными возможностями здоровья; бережное, ответственное и компетентное отношение к физическому и психологическому здоровью других людей;
- компетенции сотрудничества со сверстниками, детьми младшего возраста, взрослыми в образовательной, общественно-полезной, учебно-исследовательской, проектной и других видах деятельности.

Личностные результаты в сфере отношений обучающихся к окружающему миру, к живой природе:

- мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки, понимание значимости 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, на протяжении всей жизни; сознательное отношение к непрерывному образованию как условию успешной профессиональной и общественной деятельности;
- экологическая культура, бережные отношения к родной земле, природным богатствам России и мира, понимание влияния социально-экономических процессов на состояние природной и социальной среды, ответственность за состояние природных ресурсов, формирование умений и

навыков разумного природопользования, нетерпимого отношения к действиям, приносящим вред экологии; приобретение опыта эколого-направленной деятельности.

Личностные результаты в сфере отношений обучающихся к труду, в сфере социально-экономических отношений:

- осознанный выбор будущей профессии;
- 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.

Личностные результаты в сфере отношений физического, психологического, социального и академического благополучия обучающихся:

- физическое, эмоционально-психологическое, социальное благополучие обучающихся в жизни образовательной организации, ощущение детьми безопасности и психологического комфорта, информационной безопасности.

Планируемые метапредметные результаты

Регулятивные универсальные учебные действия

Выпускник научится:

- самостоятельно определять цели, ставить и формулировать собственные задачи в образовательной деятельности и жизненных ситуациях;
- оценивать ресурсы (в том числе время и другие нематериальные ресурсы), необходимые для достижения поставленной ранее цели, сопоставлять имеющиеся возможности и необходимые для достижения цели ресурсы;
- организовывать эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели;
- определять несколько путей достижения поставленной цели и выбирать оптимальный путь достижения цели с учётом эффективности расходования ресурсов и основываясь на соображениях этики и морали;
- 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, в собственной жизни и жизни окружающих людей.

Познавательные универсальные учебные действия

Выпускник научится:

- с разных позиций критически оценивать и интерпретировать информацию, распознавать и фиксировать противоречия в различных информационных источниках, использовать различные модельно-схематические средства для их представления;
- осуществлять развёрнутый информационный поиск и ставить на его основе новые (учебные и познавательные) задачи, искать и находить обобщённые способы их решения;
- приводить критические аргументы в отношении суждений, анализировать и преобразовывать проблемно-противоречивые ситуации;
- выходить за рамки учебного предмета и осуществлять целенаправленный поиск возможности широкого переноса средств и способов действия;
- менять и удерживать разные позиции в познавательной деятельности (ставить проблему и работать над её решением; управлять совместной познавательной деятельностью и подчиняться).

Коммуникативные универсальные учебные действия

Выпускник научится:

- выстраивать деловые взаимоотношения при работе как в группе сверстников, так и со взрослыми;
- при выполнении групповой работы исполнять разные роли (руководителя и члена проектной команды, генератора идей, критика, исполнителя и т. д.);
- развёрнуто, логично и точно излагать свою точку зрения с использованием различных устных и письменных языковых средств;
- координировать и выполнять работу в условиях реального и виртуального взаимодействия, согласовывать позиции членов команды в процессе работы над общим продуктом/решением;
- публично представлять результаты индивидуальной и групповой деятельности;

- подбирать партнёров для работы над проектом, исходя из соображений результативности взаимодействия, а не личных симпатий;
- точно и ёмко формулировать замечания в адрес других людей в рамках деловой и образовательной коммуникации, избегая личностных оценочных суждений.

Содержание учебного предмета, планируемые предметные результаты освоения учебного предмета «Физика» и тематическое планирование (базовый уровень)

Содержание учебного предмета

Физика и естественнонаучный метод познания природы (1 ч)

Физика — фундаментальная наука о природе. Методы научного исследования физических явлений. Моделирование физических явлений и процессов. Физический закон — границы применимости. Физические теории и принцип соответствия. Роль и место физики в формировании современной научной картины мира, в практической деятельности людей. Физика и культура.

Механика (43 ч)

Границы применимости классической механики. Важнейшие кинематические характеристики — перемещение, скорость, ускорение. Основные модели тел и движений.

Взаимодействие тел. Законы: всемирного тяготения, Гука, сухого трения. Инерциальная система отсчёта. Законы механики Ньютона.

Импульс материальной точки и системы. Изменение и сохранение импульса. Использование законов механики для объяснения движения небесных тел и для развития космических исследований. Механическая энергия материальной точки и системы. Закон сохранения механической энергии. Работа силы.

Равновесие материальной точки и твёрдого тела. Условия равновесия. Момент силы. Равновесие жидкости и газа. Давление. Закон сохранения энергии в динамике жидкости.

Механические колебания и волны. Превращения энергии при колебаниях. Энергия волны.

Лабораторные работы:

- измерение жёсткости пружины;
- определение кинетической энергии и импульса тела по тормозному пути;
- нахождение изменения механической энергии с учётом действия силы трения скольжения;
- изучение колебаний пружинного маятника.

Молекулярная физика и термодинамика (15 ч)

Молекулярно-кинетическая теория (МКТ) строения вещества и её экспериментальные доказательства. Абсолютная температура как мера средней кинетической энергии теплового движения частиц вещества. Модель идеального газа. Давление газа. Уравнение состояния идеального газа. Уравнение Менделеева — Клапейрона.

Агрегатные состояния вещества. Модель строения жидкостей.

Внутренняя энергия. Работа и теплопередача как способы изменения внутренней энергии. Первый закон термодинамики. Необратимость тепловых процессов. Принципы действия тепловых машин.

Лабораторные работы:

- опытная проверка закона Бойля — Мариотта;
- опытная проверка закона Гей-Люссака.

Электродинамика (50 ч)

Электрическое поле. Закон Кулона. Напряжённость и потенциал электростатического поля. Проводники, полупроводники и диэлектрики. Конденсатор.

Постоянный электрический ток. Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи. Электрический ток в проводниках, электролитах, полупроводниках, газах и вакууме. Сверхпроводимость.

Индукция магнитного поля. Действие магнитного поля на проводник с током и движущуюся заряженную частицу. Сила Ампера и сила Лоренца. Магнитные свойства вещества.

Закон электромагнитной индукции. Электромагнитное поле. Переменный ток. Явление самоиндукции. Индуктивность. Энергия электромагнитного поля.

Электромагнитные колебания. Колебательный контур.

Электромагнитные волны. Диапазоны электромагнитных излучений и их практическое применение.

Геометрическая оптика. Волновые свойства света.

Инвариантность модуля скорости света в вакууме. Принцип относительности Эйнштейна. Связь массы и энергии свободной частицы. Энергия покоя.

Лабораторные работы:

- мощность тока в проводниках при последовательном и параллельном соединении;
- определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока;
- действие магнитного поля на проводник с током;
- исследование явления электромагнитной индукции. Конструирование трансформатора;
- исследование вихревого электрического поля;
- исследование преломления света на границах раздела «воздух — стекло» и «стекло — воздух»;
- наблюдение интерференции и дифракции света;
- определение длины световой волны с помощью дифракционной решётки.

Квантовая физика. Физика атома и атомного ядра (16 ч)

Гипотеза М. Планка. Фотоэлектрический эффект. Фотон. Корпускулярно-волновой дуализм. Соотношение неопределённостей Гейзенберга.

Планетарная модель атома. Объяснение линейчатого спектра водорода на основе квантовых постулатов Бора.

Состав и строение атомного ядра. Энергия связи атомных ядер. Виды радиоактивных превращений атомных ядер.

Закон радиоактивного распада. Ядерные реакции. Цепная реакция деления ядер.

Элементарные частицы. Фундаментальные взаимодействия.

Лабораторные работы:

- изучение спектра водорода по фотографии;
- изучение треков заряженных частиц по фотографии.

Строение Вселенной (8 ч)

Современные представления о происхождении и эволюции Солнца и звёзд. Классификация звёзд. Звёзды и источники их энергии.

Галактика. Представление о строении и эволюции Вселенной.

Резерв учебного времени (7 ч)

Планируемые предметные результаты изучения

Выпускник *научится*:

- демонстрировать на примерах роль и место физики в формировании современной научной картины мира, в развитии современной техники и технологий, в практической деятельности людей;
- использовать информацию физического содержания при решении учебных, практических, проектных и исследовательских задач, интегрируя информацию из различных источников и критически её оценивая;
- различать и уметь использовать в учебно-исследовательской деятельности методы научного познания (наблюдение, описание, измерение, эксперимент, выдвижение гипотезы, моделирование и т. д.) и формы научного познания (факты, законы, теории), демонстрируя на примерах их роль и место в процессе научного познания;
- проводить исследования зависимости между физическими величинами: проводить измерения и определять на основе исследования значение параметров, характеризующих данную зависимость между величинами и делать вывод с учётом погрешности измерений;
- использовать для описания характера протекания физических процессов физические величины и демонстрировать взаимосвязь между ними;
- использовать для описания характера протекания физических процессов физические законы с учётом границ их применимости;
- решать качественные задачи (в том числе и межпредметного характера): используя модели, физические величины и законы, выстраивать логически верную цепочку объяснения (доказательства) предложенного в задаче процесса (явления);
- решать расчётные задачи с явно заданной физической моделью: на основе анализа условия задачи выделять физическую модель, находить физические величины и законы, необходимые и достаточные для её решения, проводить расчёты и проверять полученный результат;
- учитывать границы применения изученных физических моделей при решении физических и межпредметных задач;
- использовать информацию и применять знания о принципах работы и основных характеристиках изученных машин, приборов и других технических устройств для

решения практических, учебно-исследовательских и проектных задач;

- использовать знания о физических объектах и процессах в повседневной жизни для обеспечения безопасности при обращении с приборами и техническими устройствами, для сохранения здоровья и соблюдения норм экологического поведения в окружающей среде, для принятия решений в повседневной жизни.

Выпускник получит возможность научиться:

- понимать и объяснять целостность физической теории, различать границы её применимости и место в ряду других физических теорий;
- владеть приёмами построения теоретических доказательств, а также прогнозирования особенностей протекания физических явлений и процессов на основе полученных теоретических выводов и доказательств;
- характеризовать системную связь между основополагающими научными понятиями: пространство, время, материя (вещество, поле), движение, сила, энергия;
- выдвигать гипотезы на основе знания основополагающих физических закономерностей и законов;
- самостоятельно планировать и проводить физические эксперименты;
- характеризовать глобальные проблемы, стоящие перед человечеством: энергетические, сырьевые, экологические и показывать роль физики в решении этих проблем;
- решать практико-ориентированные качественные и расчётные физические задачи с выбором физической модели, используя несколько физических законов или формул, связывающих известные физические величины, в контексте межпредметных связей;
- объяснять принципы работы и характеристики изученных машин, приборов и технических устройств;
- объяснять условия применения физических моделей при решении физических задач, находить адекватную предложенной задаче физическую модель, разрешать проблему как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки.

Тематическое планирование

10 класс

(2 часа в неделю, всего 70 часов)

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося ¹⁾
ФИЗИКА И ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ МЕТОД ПОЗНАНИЯ ПРИРОДЫ (1 ч)		
Физика — фундаментальная наука о природе	<p>Научный метод познания мира. Взаимосвязь между физикой и другими естественными науками. Методы научного исследования физических явлений. Моделирование явлений и процессов природы. Границы применимости физического закона. Физические теории и принципы соответствия. Роль и место физики в формировании современной научной картины мира, в практической деятельности людей</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Объясняет на примерах роль и место физики в формировании современной научной картины мира, в развитии современной техники и технологий, в практической деятельности людей; • демонстрирует на примерах взаимосвязь между физикой и другими естественными науками
МЕХАНИКА (38 ч)		
Кинематика (15 ч)		
Предмет и задачи классической механики.	Система отсчёта, материальная точка, траектория, путь и перемещение.	<ul style="list-style-type: none"> • Использует для описания характера протекания физических процессов физические величины (пере-

<p>Границы применимости классической механики. Система отсчёта, траектория, путь и перемещение.</p> <p>Прямолинейное равномерное движение. Сложение скоростей.</p> <p>Прямолинейное равноускоренное движение. Свободное падение.</p> <p>Равномерное движение по окружности</p>	<p>Прямолинейное равномерное движение: скорость, график зависимости координаты тела от времени, средняя скорость, сложение скоростей при движении вдоль одной прямой.</p> <p>Прямолинейное равноускоренное движение: зависимость скорости от времени при прямолинейном равноускоренном движении, график зависимости скорости от времени при прямолинейном равноускоренном движении, перемещение при прямолинейном равноускоренном движении, тормозной путь.</p> <p>Свободное падение тела, движение тела, брошенного вертикально вверх.</p> <p>Равномерное движение по окружности: направление скорости тела при движении по окружности, ускорение тела при равномерном движении по окружности, частота обращения и угловая скорость.</p> <p>Контрольная работа № 1 «Кинематика»</p>	<p>мещение, ускорение, скорость) и демонстрирует взаимосвязь между ними;</p> <ul style="list-style-type: none"> • решает качественные задачи (в том числе и межпредметного характера), используя модели (материальная точка), физические величины (перемещение, ускорение, скорость, угловая скорость, период и частота обращения), выстраивая логически верную цепочку объяснения (доказательства) предложенного в задаче процесса (явления); выдвигает гипотезы, проводит эксперимент, ставит опыты, наблюдает, делает анализ; • решает расчётные задачи с явно заданной физической моделью: на основе анализа условия задачи выделяет физическую модель, применяет физические величины и законы, необходимые и достаточные для её решения, проводит расчёты и проверяет полученный результат
--	--	---

1) Универсальные учебные действия отражены в Планируемых результатах освоения учебного предмета «Физика».

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
<p>Динамика (12 ч)</p> <p>Три закона Ньютона. Силы тяготения. Силы упругости. Силы трения</p>	<p>Три закона Ньютона: закон инерции — первый закон Ньютона, принцип относительности Галилея, второй закон Ньютона, масса тела, единица силы, силы в механике, третий закон Ньютона.</p> <p>Силы тяготения: закон всемирного тяготения, условия применимости формулы закона всемирного тяготения, движение планет вокруг Солнца, сила тяжести и закон всемирного тяготения, первая космическая скорость, как измерили гравитационную постоянную.</p> <p>Силы упругости: силы упругости и деформация тел, закон Гука, меры сил упругости, вес тела, движущегося с ускорением.</p> <p>Абсолютная и относительная погрешности.</p> <p>Лабораторная работа № 1 «Измерение жёсткости пружины».</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Использует для описания характера протекания физических процессов физические величины (сила, масса, ускорение, скорость) и деформирует взаимосвязь между ними; • использует для описания характера протекания физических процессов физические законы с учётом границ их применимости; • решает качественные задачи (в том числе и межпредметного характера), используя физические величины (сила, масса, ускорение, скорость), выстраивая логически верную цепочку объяснения (доказательства) предложенного в задаче процесса (явления); • решает расчётные задачи с явно заданной физической моделью: на основе анализа условия задачи выделяет физическую модель, находит физические величины и законы, необходимые и достаточные для её

	<p>Силы трения: сила трения скольжения, сила трения покоя, другие виды сил трения.</p> <p>Тело на наклонной плоскости: тело на гладкой наклонной плоскости, условие покоя тела на шероховатой наклонной плоскости.</p> <p>Контрольная работа № 2 «Динамика»</p>	<p>решения, проводит расчёты и проверяет полученный результат;</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводит прямые и косвенные измерения физических величин с учётом необходимой точности измерений, планирует ход измерений, получает значение измеряемой величины и оценивает относительную погрешность по заданным формулам
Законы сохранения в механике (9 ч)		
<p>Импульс. Закон сохранения импульса, условия применения закона сохранения импульса.</p> <p>Реактивное движение.</p> <p>Освоение космоса.</p> <p>Механическая работа.</p> <p>Мощность.</p> <p>Энергия и работа. Потенциальная и кинетическая энергия.</p> <p>Закон сохранения энергии в механике.</p> <p>Движение жидкостей и газов</p>	<p>Импульс. Закон сохранения импульса: импульс, импульс силы, закон сохранения импульса, условия применения закона сохранения импульса.</p> <p>Реактивное движение. Освоение космоса: реактивное движение, развитие ракетостроения, освоение космоса, современное состояние космических исследований.</p> <p>Механическая работа. Мощность: определение работы, работа силы тяжести, работа силы упругости, работа силы трения, мощность. Энергия и работа. Потенциальная и кинетическая энергия: связь энергии и работы, потенциальная энергия,</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Использует для описания характера протекания физических процессов физические величины (импульс, механическая работа, мощность, кинетическая и потенциальная энергия) и демонстрирует взаимосвязь между ними; • использует для описания характера протекания физических процессов физические законы (закон сохранения импульса, закон сохранения энергии в механике) с учётом границ их применимости; • решает качественные задачи (в том числе и межпредметные характерные), используя физические величины (импульс, механическая работа,

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
	<p>потенциальная энергия деформированной пружины, потенциальная энергия поднятого груза, кинетическая энергия, теорема об изменении кинетической энергии.</p> <p>Закон сохранения энергии в механике: механическая энергия и закон сохранения энергии в механике, когда можно применять закон сохранения энергии в механике, примеры применения закона сохранения энергии в механике, изменение механической энергии вследствие трения скольжения.</p> <p>Лабораторная работа № 2 «Определение кинетической энергии и импульса тела по тормозному пути».</p> <p>Лабораторная работа № 3 «Нахождение изменения механической энергии с учётом действия силы трения скольжения».</p> <p>Движение жидкостей и газов: закон Бернулли (как опытный факт).</p> <p>Контрольная работа № 3 «Законы сохранения»</p>	<p>мощность, кинетическая и потенциальная энергия), выстраивает логически верную цепочку объяснения (доказательства) предложенного в задаче процесса (явления);</p> <ul style="list-style-type: none"> • решает расчётные задачи с явно заданной физической моделью: на основе анализа условия задачи выделяет физическую модель, находит физические величины и законы, необходимые и достаточные для её решения, проводит расчёты и проверяет полученный результат; • проводит прямые и косвенные измерения физических величин с учётом необходимой точности измерений, планирует ход измерений, получает значение измеряемой величины и оценивает относительную погрешность по заданным формулам

<p>Статика и гидростатика (2 ч)</p> <p>Условия равновесия тела. Центр тяжести. Виды равновесия. Равновесие жидкости и газа</p>	<p>Условия равновесия тела: первое условие равновесия, условие равновесия тела, закреплённого на оси, второе условие равновесия. Центр тяжести. Виды равновесия. Равновесие жидкости и газа: зависимость давления жидкости от глубины; закон Архимеда, плавание тел, воздухоплавание</p>	<p>Использует для описания характера протекания физических процессов физические величины (сила, момент силы, плечо силы, давление) и демонстрирует взаимосвязь между ними; • решает расчётные задачи с явно заданной физической моделью: на основе анализа условия задачи выделяет физическую модель, находит физические величины и применяет законы, необходимые и достаточные для её решения, проводит расчёты и проверяет полученный результат; • использует информацию и применяет знания о принципах работы и основных характеристиках изученных машин, приборов и других технических устройств для решения практических, учебно-исследовательских и проектных задач</p>
<p>МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА (15 ч)</p>		
<p>Молекулярная физика (9 ч)</p> <p>Строение вещества. Изопроцессы.</p>	<p>Строение вещества: основные положения молекулярно-кинетической</p>	<p>Использует для описания характера протекания физических процессов</p>

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
<p>Уравнение состояния идеального газа. Абсолютная температура и средняя кинетическая энергия молекул. Насыщенный пар. Влажность. Свойства жидкостей и твёрдых тел</p>	<p>теории, опытные подтверждения молекулярно-кинетической теории, броуновское движение, диффузия, основная задача молекулярно-кинетической теории, макроскопические и микроскопические параметры, количество вещества, закон Авогадро, моль, атомная единица массы, относительная атомная и молекулярная масса, молярная масса. Изопроцессы: изобарный процесс, абсолютная шкала температур, изохорный процесс, изотермический процесс. Лабораторная работа № 4 «Опытная проверка закона Бойля — Мариотта».</p> <p>Лабораторная работа № 5 «Опытная проверка закона Гей-Люссака».</p> <p>Уравнение состояния идеального газа: уравнение Клапейрона, уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева — Клапейрона), закон Дальтона.</p>	<p>физические величины (количество вещества, атомная единица массы, относительная атомная и молекулярная масса, молярная масса, абсолютная температура, средняя кинетическая энергия молекул, скорость молекул, давление, объём, относительная влажность воздуха) и демонстрирует взаимосвязь между ними;</p> <ul style="list-style-type: none"> • использует для описания характера протекания физических процессов физические законы (закон Авогадро, закон Дальтона) с учётом границ их применимости; • решает качественные задачи (в том числе и межпредметного характера), используя модели, физические величины (количество вещества, атомная единица массы, относительная атомная и молекулярная масса, молярная масса, абсолютная температура, средняя кинетическая энергия молекул, скорость молекул, давление, относительная влажность воздуха), закон Дальтона.

	<p>Абсолютная температура и средняя кинетическая энергия молекул: основное уравнение молекулярно-кинетической теории, связь между температурой и средней кинетической энергией молекул, скорости молекул.</p> <p>Насыщенный пар. Влажность: насыщенный и ненасыщенный пар, влажность воздуха, измерение влажности, точка росы.</p> <p>Свойства жидкостей и твёрдых тел: модель строения жидкостей, поверхностное натяжение</p>	<p>объём, относительная влажность воздуха), выстраивает логически верную цепочку объяснения (доказательства) предположенного в задаче процесса (явления);</p> <ul style="list-style-type: none"> • решает расчётные задачи с явно заданной физической моделью: на основе анализа условия задачи выделяет физическую модель, находит физические величины и законы, необходимые и достаточные для её решения, проводит расчёты и проверяет полученный результат; • проводит прямые и косвенные измерения физических величин с учётом необходимой точности измерений, планирует ход измерений, получает значение измеряемой величины и оценивает относительную погрешность по заданным формулам; • использует информацию и применяет знания о принципах работы и основных характеристиках изученных машин, приборов и других технических устройств для решения практических, учебно-исследовательских и проектных задач;
--	--	--

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
		<ul style="list-style-type: none"> • выдвигает гипотезы на основе знания основополагающих физических закономерностей и законов о протекании физических и химических процессов
Термодинамика (6 ч)		
<p>Первый закон термодинамики.</p> <p>Применение первого закона термодинамики к газовым процессам.</p> <p>Тепловые двигатели.</p> <p>Второй закон термодинамики</p>	<p>Первый закон термодинамики: внутренняя энергия и способы её изменения, два способа изменения внутренней энергии тела, количество теплоты, как внутреннюю энергию частично превратить в механическую, первый закон термодинамики, адиабатный процесс, следствия первого закона термодинамики для изопроцессов.</p> <p>Применение первого закона термодинамики к газовым процессам: изменение внутренней энергии газа, работа газа.</p> <p>Тепловые двигатели. Второй закон термодинамики: принцип действия</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Использует для описания характера протекания физических процессов физические величины (количество теплоты, внутренняя энергия, работа газа, КЭД), демонстрирует и анализирует взаимосвязь между ними; • использует для описания характера протекания физических процессов физические законы (первый и второй закон термодинамики) с учётом границ их применимости; • решает качественные задачи (в том числе и межпредметного характера), используя модели, физические величины (количество теплоты, внутренняя энергия, работа газа, КЭД),

	<p>и основные элементы теплового двигателя, коэффициент полезного действия (КПД) теплового двигателя, второй закон термодинамики, энергетический и экологический кризисы.</p> <p>Контрольная работа № 4 «Молекулярная физика. Термодинамика»</p>	<p>выдвигает гипотезы и выстраивает логически верную цепочку объяснения (доказательства) предложенного в задаче процесса (явления);</p> <ul style="list-style-type: none"> • решает расчётные задачи с явно заданной физической моделью: на основе анализа условия задачи выделяет физическую модель, находит физические величины и законы, необходимые и достаточные для её решения, проводит расчёты и проверяет полученный результат; • проводит прямые и косвенные измерения физических величин с учётом необходимой точности измерений, планирует ход измерений, получает значение измеряемой величины и оценивает относительную погрешность по заданным формулам; • использует информацию и применяет знания о принципах работы и основных характеристиках изученных машин, приборов и других технических устройств для решения практических, учебно-исследовательских и проектных задач; • использует знания о физических объектах и процессах в повседнев-
--	--	--

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
		<p>ной жизни для соблюдения норм экологического поведения в окружающей среде</p>
ЭЛЕКТРОСТАТИКА И ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК (14 ч)		
Электростатика (6 ч)		
<p>Электрические взаимодействия. Напряжённость электрического поля. Линии напряжённости. Проводники и диэлектрики в электрическом поле. Работа электрического поля. Разность потенциалов (напряжение). Энергия электрического поля</p>	<p>Электрические взаимодействия: два знака электрических зарядов, закон сохранения электрического заряда, электризация через влияние, перераспределение зарядов, единица электрического заряда, элементарный электрический заряд, закон Кулона. Напряжённость электрического поля. Линии напряжённости, принцип суперпозиции полей. Проводники и диэлектрики в электрическом поле: проводники в электрическом поле, электростатическая защита, поляризация диэлектрика.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Использует для описания характера протекания физических процессов физические величины (электрический заряд, напряжённость, работа электрического поля, разность потенциалов (напряжение), ёмкость, энергия заряженного конденсатора) и демонстрирует взаимосвязь между ними, приводит примеры описанных процессов и явлений в технике; • решает качественные задачи (в том числе и межпредметного характера), используя модели, физические законы (закон сохранения электрического заряда, закон Кулона),

	<p>Работа электрического поля. Разность потенциалов (напряжение): работа поля при перемещении заряда, разность потенциалов (напряжение), соотношение между напряжением и напряжённостью для однородного поля, эквипотенциальные поверхности.</p> <p>Электроёмкость, энергия электрического поля, энергия заряженного конденсатора</p>	<p>выстраивает логически верную цепочку объяснения (доказательства) предложенного в задаче процесса (явления);</p> <ul style="list-style-type: none"> • решает расчётные задачи с явно заданной физической моделью: на основе анализа условия задачи выделяет физическую модель, находит физические величины и законы, необходимые и достаточные для её решения, проводит расчёты и проверяет полученный результат; • проводит прямые и косвенные измерения физических величин с учётом необходимой точности измерений, планирует ход измерений, получает значение измеряемой величины и оценивает относительную погрешность по заданным формулам; • использует информацию и применяет знания о принципах работы и основных характеристиках изученных машин, приборов и других технических устройств для решения практических, учебно-исследовательских и проектных задач
--	---	--

Окончание таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
<p>Постоянный электрический ток (8 ч)</p> <p>Закон Ома для участка цепи.</p> <p>Работа и мощность тока.</p> <p>Закон Ома для полной цепи.</p> <p>Электрический ток в жидкостях и газах.</p> <p>Электрический ток в полупроводниках. Полупроводниковые приборы</p>	<p>Закон Ома для участка цепи; сила тока, действия электрического тока, закон Ома для участка цепи, удельное сопротивление, природа электрического сопротивления. Зависимость сопротивления от температуры, сверхпроводимость, последовательное и параллельное соединение проводников, измерение силы тока и напряжения.</p> <p>Работа и мощность тока: работа тока, закон Джоуля — Ленца, применение закона Джоуля — Ленца к последовательно и параллельно соединённым проводникам, мощность тока.</p> <p>Лабораторная работа № 6 «Мощность тока в проводниках при последовательном и параллельном соединении».</p> <p>Закон Ома для полной цепи: источник тока, электродвижущая сила источника тока, закон Ома для пол-</p>	<ul style="list-style-type: none"> Использует для описания характера протекания физических процессов физические величины (сила тока, напряжение, сопротивление, работа и мощность тока) и демонстрирует взаимосвязь между ними; использует для описания характера протекания физических процессов физические законы (закон Ома для участка цепи, закон Джоуля — Ленца, закон Фарадея); решает качественные задачи (в том числе и межпредметного характера): используя модели, физические величины (сила тока, напряжение, сопротивление, работа и мощность тока), выдвигает гипотезы, выстраивает логически верную цепочку объяснения (доказательства) предложенного в задаче процесса (явления); решает расчётные задачи с явно заданной физической моделью: на ос-

	<p>ной цепи, напряжение на полюсах источника, КПД источника тока. Лабораторная работа № 7 «Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока».</p> <p>Электрический ток в жидкостях и газах: электрический ток в электролитах, закон электролиза (закон Фарадея), применения электролиза, электрический ток в газах и вакууме, плазма.</p> <p>Электрический ток в полупроводниках. Полупроводниковые приборы: носители заряда в полупроводниках, зависимость сопротивления полупроводников от температуры и освещённости, примесная проводимость полупроводников.</p> <p>Контрольная работа № 5 «Электростатика. Постоянный ток»</p>	<p>нове анализа условия задачи выделяет физические модели, находит физические величины и законы, необходимые и достаточные для её решения, проводит расчёты и проверяет полученный результат;</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводит прямые и косвенные измерения физических величин, с учётом необходимой точности измерений, планирует ход измерений, получает значение измеряемой величины и оценивает относительную погрешность по заданным формулам; • использует информацию и применяет знания о принципах работы и основных характеристиках изученных машин, приборов и других технических устройств для решения практических, учебно-исследовательских и проектных задач; • использует знания о физических объектах и процессах в повседневной жизни для обеспечения безопасности при обращении с приборами и техническими устройствами
Резерв учебного времени¹⁾ (2 ч)		

1) По усмотрению учителя часы резерва учебного времени можно использовать для проектно-исследовательской деятельности.

Тематическое планирование

11 класс

(2 часа в неделю, всего 70 часов)

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося ¹⁾
<p>Магнитное поле (7 ч)</p> <p>Магнитные взаимодействия. Магнитное поле. Закон Ампера. Сила Лоренца</p>	<p>Магнитные взаимодействия. Магнитное поле: взаимодействие постоянных магнитов, взаимодействие проводников с током, магнитные свойства вещества, магнитное поле, вектор магнитной индукции, линии магнитной индукции, правило буравчика.</p> <p>Закон Ампера: модуль вектора магнитной индукции, закон Ампера, правило левой руки, рамка с током в магнитном поле, электроизмерительные приборы, электродвигатель.</p> <p>Абсолютная и относительная проницаемости.</p> <p>Лабораторная работа № 1 «Действие магнитного поля на проводник с током».</p>	<ul style="list-style-type: none"> Использует для описания характера протекания физических процессов физические величины (магнитная индукция, сила, сила тока, электрический заряд) и демонстрирует взаимосвязь между ними; решает качественные задачи (в том числе и межпредметного характера): использует модели, физические величины (магнитная индукция, сила, сила тока, электрический заряд), выстраивает логически верную цепочку объяснения (доказательства) предложенного в задаче процесса (явления); решает расчётные задачи с явно заданной физической моделью: на основе анализа условия задачи выделяет физические модели, находит физические величины и законы,

	Сила Лоренца: модуль и направление силы Лоренца, движение заряженной частицы в однородном магнитном поле	<p>необходимые и достаточные для её решения, проводит расчёты и проверяет полученный результат;</p> <ul style="list-style-type: none"> самостоятельно конструирует экспериментальные установки для проверки выдвинутых гипотез, планирует и проводит физические эксперименты; использует информацию и применяет знания о принципах работы и основных характеристиках изученных машин, приборов и других технических устройств для решения практических, учебно-исследовательских и проектных задач
<p>Электромагнитная индукция (9 ч)</p> <p>Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца. Закон электромагнитной индукции. Энергия магнитного поля</p>	<p>Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца: опыты Фарадея, магнитный поток, правило Ленца. Закон электромагнитной индукции: причины возникновения индукционного тока, сила Лоренца, вихревое электрическое поле, закон электромагнитной индукции, ЭДС индук-</p>	<ul style="list-style-type: none"> Использует для описания характера протекания физических процессов физические величины (магнитная индукция, магнитный поток, индуктивность, ЭДС индукции, сила тока, сопротивление) и демонстрирует взаимосвязь между ними; решает качественные задачи (в том числе и межпредметного характера

1) Универсальные учебные действия отражены в Планируемых результатах освоения учебного предмета «Физика».

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащихся
	<p>ции, ЭДС индукции в проводнике, движущемся с постоянной скоростью.</p> <p>Лабораторная работа № 2 «Исследование явления электромагнитной индукции. Конструирование трансформатора».</p> <p>Лабораторная работа № 3 «Исследование вихревого электрического поля».</p> <p>Самондукция, энергия магнитного поля: явление самоиндукции, индуктивность, энергия магнитного поля контура с током.</p> <p>Контрольная работа № 1 «Магнитное поле. Электромагнитная индукция»</p>	<p>ра): использует модели, физические величины (магнитная индукция, магнитный поток, индуктивность, ЭДС индукции, сила тока, сопротивление), выстраивает логически верную цепочку объяснения (доказательства) предложенного в задаче процесса (явления);</p> <ul style="list-style-type: none"> • решает расчётные задачи с явно заданной физической моделью: на основе анализа условия задачи выделяет физические величины и законы (закон электромагнитной индукции), необходимые и достаточные для её решения, проводит расчёты и проверяет полученные результаты; • проводит прямые и косвенные измерения физических величин с учётом необходимой точности измерений, планирует ход измерений, получает значение измеряемой величины и оценивает относительную погрешность по заданным формулам;

		<ul style="list-style-type: none"> использует информацию и применяет знания о принципах работы и основных характеристиках изученных машин, приборов и других технических устройств для решения практических, учебно-исследовательских и проектных задач
КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ (7 ч)		
Колебания (5 ч)		
<p>Свободные механические колебания. Динамика механических колебаний. Энергия механических колебаний. Вынужденные колебания. Колебательный контур. Переменный электрический ток</p>	<p>Свободные механические колебания: условия существования свободных колебаний, основные характеристики колебаний, гармонические колебания, уравнение гармонических колебаний, гармонические колебания и равномерное движение по окружности. Динамика механических колебаний: пружинный маятник, математический маятник, соотношение между смещением, скоростью и ускорением тела при гармонических колебаниях. Лабораторная работа № 4 «Изучение колебаний пружинного маятника».</p>	<ul style="list-style-type: none"> Использует для описания характера протекания физических процессов физические величины (амплитуда, период, частота, скорость, ускорение, сила, энергия, индуктивность, электроёмкость) и демонстрирует взаимосвязь между ними; решает качественные задачи (в том числе и межпредметного характера): использует модели, физические величины (амплитуда, период, частота, скорость, ускорение, сила, энергия), выстраивает логически верную цепочку объяснения (доказательства) предложенного в задаче процесса (явления);

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
	<p>Энергия механических колебаний: вынужденные колебания; превращения энергии при свободных гармонических колебаниях, затухающие колебания, вынужденные колебания, резонанс.</p> <p>Колебательный контур: свободные электромагнитные колебания, аналогия между механическими и электромагнитными колебаниями.</p> <p>Переменный электрический ток: индукционный генератор электрического тока, производство, передача и потребление электроэнергии, трансформатор</p>	<ul style="list-style-type: none"> • решает расчётные задачи с явно заданной физической моделью: на основе анализа условия задачи выделяет физическую модель, применяет физические величины и законы, необходимые и достаточные для её решения, проводит расчёты и проверяет полученный результат; • проводит прямые и косвенные измерения физических величин, с учётом необходимой точности измерений, планирует ход измерений, получает значение измеряемой величины и оценивает относительную погрешность по заданным формулам
<p>Волны (2 ч)</p> <p>Механические волны. Звук. Электромагнитные волны.</p>	<p>Механические волны. Звук: механические волны, продольные и поперечные волны, основные характеристики волны, скорость волны, энергия волны, Интерференция и дифракция волн, звук, высота</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Использует для описания характера протекания физических процессов физические величины (скорость, период, частота, длина волны) и демонстрирует взаимосвязь между ними; • решает качественные задачи (в том числе и межпредметного характера)

<p>Передача информации с помощью электромагнитных волн</p>	<p>и громкость звука, ультразвук и инфразвук. Электромагнитные волны: предсказание и открытие электромагнитных волн, теория Максвелла, опыт Герца, свойства электромагнитных волн, давление света, шкала электромагнитных волн, передача информации с помощью электромагнитных волн, изобретение радио, принципы радиосвязи, современные средства связи, мобильная связь, Интернет</p>	<p>ра): использует модели, физические величины (скорость, период, частота, длина волны), выстраивает логическую цепочку объяснения (доказательства) предложенного в задаче процесса (явления);</p> <ul style="list-style-type: none"> • решает расчётные задачи с явно заданной физической моделью: на основе анализа условия задачи выделяет физическую модель, использует физические величины и законы, необходимые и достаточные для её решения, проводит расчёты и проверяет полученный результат
<p>ОПТИКА (18 ч)</p>		
<p>Законы геометрической оптики.</p>	<p>Законы геометрической оптики: лучи света и точечный источник света, прямолинейное распространение света, отражение света, преломление света, полное внутреннее отражение. Лабораторная работа № 5 «Исследование преломления света на границах раздела «воздух — стекло» и «стекло — воздух».</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Использует для описания характера протекания физических процессов физические величины (угол падения, угол отражения, фокусное расстояние, оптическая сила линзы, увеличение линзы) и демонстрирует взаимосвязь между ними; • решает качественные задачи (в том числе и межпредметного характера): использует модели (световой луч),

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
<p>Линзы. Построение изображений в линзах.</p> <p>Глаз и оптические приборы</p>	<p>Линзы. Построение изображений в линзах: виды линз, основные элементы линзы, фокусы линзы, изображения в линзах, построение изображений в линзах, увеличение линзы, формула тонкой линзы.</p> <p>Глаз и оптические приборы: глаз и его строение, недостатки зрения и их исправление, фотоаппарат и видеокамера, киноаппарат и проектор</p>	<p>физические величины (угол падения, угол отражения, фокусное расстояние, оптическая сила линзы, увеличение линзы), законы (закон прямолинейного распространения света, законы отражения и преломления света), выстраивает логически верную цепочку объяснения (доказательства) предложенного в задаче процесса (явления);</p> <ul style="list-style-type: none"> • решает расчётные задачи с явно заданной физической моделью: на основе анализа условия задачи выделяет физическую модель, применяет физические величины и законы, необходимые и достаточные для её решения, проводит расчёты и проверяет полученный результат; • проводит прямые и косвенные измерения физических величин с учётом необходимой точности измерений, планирует ход измерений, получает значение измеряемой величины и оценивает относительную погрешность по заданным формулам;

		<ul style="list-style-type: none"> использует информацию и применяет знания о принципах работы и основных характеристиках изученных машин, приборов и других технических устройств для решения практических, учебно-исследовательских и проектных задач
<p>Волновая оптика (9 ч)</p> <p>Интерференция волн. Дифракция волн. Дисперсия. Поляризация. Принцип Гюйгенса — Френеля</p>	<p>Интерференция волн: корпускулярная теория света, волновая теория света, интерференция волн на поверхности воды, когерентность, условия интерференционных максимумов и минимумов, интерференция света, кольца Ньютона. Дифракция волн: дифракция механических волн, дифракция света, опыт Юнга с двумя щелями, изменение длины волн света, дифракционная решётка, разрешающая способность оптических приборов. Лабораторная работа № 6 «Наблюдение интерференции и дифракции света». Лабораторная работа № 7 «Определение длины световой волны с помощью дифракционной решётки».</p>	<ul style="list-style-type: none"> Использует для описания характера протекания физических процессов физические величины (длина волны, период, частота) и демонстрирует взаимосвязь между ними; решает качественные задачи (в том числе и межпредметного характера): использует модели, физические величины (длина волны, период, частота), выстраивает логически верную цепочку объяснения (доказательства) предложенного в задаче процесса (явления); решает расчётные задачи с явно заданной физической моделью: на основе анализа условия задачи выделяет физическую модель, применяет физические величины и законы, необходимые и достаточные для её

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащихся
	<p>Дисперсия. Поляризация. Принцип Гюйгенса — Френеля: дисперсия света, спектроскоп, окраска предметов, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение, поляризация света, применения поляризации. Контрольная работа № 2 «Оптика»</p>	<p>решения, проводит расчёты и проверяет полученный результат;</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводит прямые и косвенные измерения физических величин с учётом необходимой точности измерений, планирует ход измерений, получает значение измеряемой величины и оценивает относительную погрешность по заданным формулам
Элементы теории относительности (2 ч)		
<p>Основные положения частной теории относительности. Энергия тела. Энергия покоя</p>	<p>Постулаты частной теории относительности, относительность одновременности. Энергия тела, энергия покоя, скорость света — предельная скорость; отменяет ли теория относительности классическую механику?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Решает качественные задачи (в том числе и межпредметного характера): использует модели, физические величины (энергия тела, энергия покоя, скорость света), выстраивает логически верную цепочку объяснения (доказательства) предложенного в задаче процесса (явления)
КВАНТОВАЯ ФИЗИКА (16 ч)		
Кванты и атомы (7 ч)		
<p>Фотоэффект. Фотоны.</p>	<p>Фотоэффект: гипотеза Планка, явление фотоэффекта, законы фото-</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Использует для описания характера протекания физических процессов

Строение атома. Атомные спектры	<p>эффекта, теория фотоэффекта, уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, фотоны, применение фотоэффекта. Строение атома: опыт Резерфорда, планетарная модель атома, теория атома Бора, спектры излучения и поглощения, спектральный анализ, энергетические уровни, объяснение линейчатого спектра водорода на основе квантовых постулатов Бора, спонтанное и вынужденное излучение, лазеры, корпускулярно-волновой дуализм.</p> <p>Лабораторная работа № 81) «Изучение спектра водорода по фотографии»</p>	<p>физические величины (частота, длина волны, энергия, работа выхода) и демонстрирует взаимосвязь между ними;</p> <ul style="list-style-type: none"> • решает качественные задачи (в том числе и межпредметного характера): использует модели, физические величины (частота, длина волны, энергия, работа), выстраивает логическую верную цепочку объяснения (доказательства) предложенного в задаче процесса (явления); • решает расчётные задачи с явно заданной физической моделью: на основе анализа условия задачи выделяет физическую модель, использует физические величины и законы, необходимые и достаточные для её решения, проводит расчёты и проверяет полученный результат
Атомное ядро и элементарные частицы (9 ч)		
Атомное ядро. Радиоактивность.	Атомное ядро, радиоактивность: строение атомного ядра, открытие протона и нейтрона, протонно-нейтронная модель ядра, ядерные силы,	<ul style="list-style-type: none"> • Описывает характер протекания физических процессов; • решает качественные задачи: использует модели (протонно-нейтронная

1) Данную работу учитель может рекомендовать обучающимся выполнять дома.

Окончание таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
<p>Ядерные реакции. Ядерная энергетика.</p> <p>Мир элементарных частиц</p>	<p>открытые радиоактивности, изотопы, радиоактивные превращения, правило смещения при α-распаде, правило смещения при β-распаде, γ-излучение, закон радиоактивного распада.</p> <p>Ядерные реакции. Ядерная энергетика: ядерные реакции, энергия связи атомных ядер, реакции синтеза и деления ядер, цепные реакции деления, ядерный реактор, принцип действия атомной электростанции, ядерная энергетика, влияние радиации на живые организмы.</p> <p>Мир элементарных частиц: классификация элементарных частиц, фундаментальные частицы и фундаментальные взаимодействия, методы регистрации и исследования элементарных частиц.</p> <p>Лабораторная работа № 9 1) «Изучение треков заряженных частиц по фотографиям».</p> <p>Контрольная работа № 3 «Квантовая физика»</p>	<p>модель ядра), физические величины (энергия, скорость света, масса), выстраивает логически верную цепочку объяснения (доказательства) предложенного в задаче процесса (явления);</p> <ul style="list-style-type: none"> • решает расчётные задачи с явно заданной физической моделью: на основе анализа условия задачи выделяет физическую модель, применяет физические величины и законы, необходимые и достаточные для её решения, проводит расчёты и проверяет полученный результат; • проводит прямые и косвенные измерения физических величин с учётом необходимой точности измерений, планирует ход измерений, получает значение измеряемой величины и оценивает относительную погрешность по заданным формулам

АСТРОНОМИЯ И АСТРОФИЗИКА (8 ч)	
Солнечная система (3 ч)	<p>Солнце: источник энергии Солнца, строение Солнца. Планеты и другие тела Солнечной системы: планеты земной группы, планеты-гиганты, малые тела Солнечной системы, происхождение Солнечной системы</p>
Звёзды и галактики (5 ч)	<p>Звёзды: главная последовательность, красные гиганты и белые карлики, эволюция звёзд, нейтронные звёзды, новые и сверхновые, чёрные дыры, происхождение химических элементов. Галактики: Млечный Путь, другие галактики, расширение Вселенной, Большой взрыв, тёмная энергия и тёмная материя</p>
Резерв учебного времени²⁾ (3 ч)	<p>• Демонстрирует на примерах взаимосвязь между физикой и другими естественными науками; • устанавливает взаимосвязь естественнонаучных явлений, применяет основные физические модели для их описания и объяснения</p> <p>• Демонстрирует на примерах взаимосвязь между физикой и другими естественными науками; • устанавливает взаимосвязь естественнонаучных явлений, применяет основные физические модели для их описания и объяснения</p>

1) Данную работу учитель может рекомендовать обучающимся выполнить дома.

2) По усмотрению учителя часы резерва учебного времени можно использовать для проектно-исследовательской деятельности.

**Содержание учебного предмета,
планируемые предметные результаты
освоения учебного предмета «Физика»
и тематическое планирование
(углублённый уровень)**

Содержание учебного предмета

**Физика и естественнонаучный метод познания природы
(2 ч)**

Физика — фундаментальная наука о природе. Научный метод познания мира. Взаимосвязь между физикой и другими естественными науками. Методы научного исследования физических явлений. Погрешности измерений физических величин. Моделирование явлений и процессов природы. Закономерность и случайность. Границы применимости физического закона. Физические теории и принцип соответствия. Роль и место физики в формировании современной научной картины мира, в практической деятельности людей. Физика и культура.

Механика (86 ч)

Предмет и задачи классической механики. Кинематические характеристики механического движения. Модели тел и движений.

Равноускоренное прямолинейное движение, свободное падение. Движение точки по окружности. Поступательное и вращательное движение твёрдого тела. Взаимодействие тел. Принцип суперпозиции сил. Инерциальная система отсчёта. Законы механики Ньютона. Законы: всемирного тяготения, Гука, сухого трения. Движение небесных тел и их искусственных спутников. Явления, наблюдаемые в неинерциальных системах отсчёта.

Импульс материальной точки и системы тел. Закон изменения и сохранения импульса. Работа силы. Механическая энергия материальной точки и системы. Закон изменения и сохранения механической энергии.

Равновесие материальной точки и твёрдого тела. Условия равновесия твёрдого тела в инерциальной системе отсчёта. Момент силы. Равновесие жидкости и газа. Давление. Движение жидкостей и газов.

Механические колебания и волны. Амплитуда, период, частота, фаза колебаний. Превращения энергии при колебаниях. Вынужденные колебания, резонанс.

Поперечные и продольные волны. Энергия волны. Интерференция и дифракция волн. Звуковые волны.

Лабораторные работы:

- изучение движения тела, брошенного горизонтально;
- измерение жёсткости пружины;
- измерение коэффициента трения с помощью наклонной плоскости. Конструирование наклонной плоскости с заданным КПД;
- определение кинетической энергии и импульса тела по тормозному пути;
- нахождение изменения механической энергии с учётом действия силы трения скольжения;
- изучение колебаний пружинного маятника.

Молекулярная физика и термодинамика (34 ч)

Предмет и задачи молекулярно-кинетической теории (МКТ) и термодинамики.

Экспериментальные доказательства МКТ. Абсолютная температура как мера средней кинетической энергии теплового движения частиц вещества. Модель идеального газа. Давление газа. Связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного теплового движения молекул идеального газа.

Модель идеального газа в термодинамике, уравнение Менделеева — Клапейрона, выражение для внутренней энергии. Закон Дальтона. Газовые законы.

Агрегатные состояния вещества. Фазовые переходы. Преобразование энергии в фазовых переходах. Насыщенные и ненасыщенные пары. Влажность воздуха. Модель строения жидкостей. Поверхностное натяжение. Модель строения твёрдых тел. Механические свойства твёрдых тел.

Внутренняя энергия. Работа и теплопередача как способы изменения внутренней энергии. Первый закон термодинамики. Адиабатный процесс. Второй закон термодинамики.

Преобразования энергии в тепловых машинах. КПД тепловой машины. Цикл Карно. Экологические проблемы теплоэнергетики.

Лабораторные работы:

- опытная проверка закона Бойля — Мариотта;
- опытная проверка закона Гей-Люссака;
- исследование скорости остывания воды;

- измерение модуля Юнга;
- измерение удельной теплоты плавления льда.

Электродинамика (99 ч)

Предмет и задачи электродинамики. Электрическое взаимодействие. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Напряжённость и потенциал электростатического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Разность потенциалов. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле. Электрическая ёмкость. Конденсатор. Энергия электрического поля.

Постоянный электрический ток. Электродвижущая сила (ЭДС). Закон Ома для полной электрической цепи. Электрический ток в металлах, электролитах, полупроводниках, газах и вакууме. Плазма. Электролиз. Полупроводниковые приборы. Сверхпроводимость.

Магнитное поле. Вектор магнитной индукции. Принцип суперпозиции магнитных полей. Магнитное поле проводника с током. Действие магнитного поля на проводник с током и движущуюся заряженную частицу. Сила Ампера и сила Лоренца.

Поток вектора магнитной индукции. Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции. ЭДС индукции в движущихся проводниках. Правило Ленца. Явление самоиндукции. Индуктивность. Энергия электромагнитного поля. Магнитные свойства вещества.

Электромагнитные колебания. Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания. Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс. Переменный ток. Конденсатор и катушка в цепи переменного тока. Производство, передача и потребление электрической энергии. Элементарная теория трансформатора.

Электромагнитное поле. Вихревое электрическое поле. Электромагнитные волны. Свойства электромагнитных волн. Диапазоны электромагнитных излучений и их практическое применение. Принципы радиосвязи и телевидения.

Геометрическая оптика. Прямолинейное распространение света в однородной среде. Законы отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение. Оптические приборы.

Волновые свойства света. Скорость света. Интерференция света. Когерентность. Дифракция света. Поляризация света. Дисперсия света. Практическое применение электромагнитных излучений.

Инвариантность модуля скорости света в вакууме. Принцип относительности Эйнштейна. Пространство и время в специальной теории относительности. Энергия и импульс свободной частицы. Связь массы и энергии свободной частицы. Энергия покоя.

Лабораторные работы:

- исследование вольтамперной характеристики лампы накаливания;
- мощность тока в проводниках при последовательном и параллельном соединении;
- определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока;
- действие магнитного поля на проводник с током;
- исследование явления электромагнитной индукции. Конструирование трансформатора;
- исследование вихревого электрического поля;
- исследование преломления света на границах раздела «воздух — стекло» и «стекло — воздух»;
- наблюдение интерференции и дифракции света;
- определение длины световой волны с помощью дифракционной решётки.

Квантовая физика. Физика атома и атомного ядра (22 ч)

Предмет и задачи квантовой физики.

Тепловое излучение. Распределение энергии в спектре абсолютно чёрного тела.

Гипотеза М. Планка о квантах. Фотоэффект. Опыты А. Г. Столетова, законы фотоэффекта. Уравнение А. Эйнштейна для фотоэффекта.

Фотон. Опыты П. Н. Лебедева и С. И. Вавилова. Гипотеза де Бройля о волновых свойствах частиц. Корпускулярно-волновой дуализм. Дифракция электронов. Давление света. Соотношение неопределённостей Гейзенберга.

Модели строения атома. Объяснение линейчатого спектра водорода на основе квантовых постулатов Бора. Спонтанное и вынужденное излучение света.

Состав и строение атомного ядра. Изотопы. Ядерные силы. Дефект массы и энергия связи ядра.

Закон радиоактивного распада. Ядерные реакции, реакции деления и синтеза. Цепная реакция деления ядер. Ядерная энергетика. Термоядерный синтез.

Элементарные частицы. Фундаментальные взаимодействия. Ускорители элементарных частиц.

Лабораторные работы:

- изучение спектра водорода по фотографии;
- изучение треков заряженных частиц по фотографии.

Строение Вселенной (8 ч)

Применимость законов физики для объяснения природы космических объектов. Солнечная система. Звёзды и источники их энергии. Классификация звёзд. Эволюция Солнца и звёзд.

Галактика. Другие галактики. Пространственно-временные масштабы наблюдаемой Вселенной. Представление об эволюции Вселенной. Тёмная материя и тёмная энергия.

Физический практикум (30 ч)**Итоговое повторение, подготовка к ЕГЭ (45 ч)****Резерв учебного времени (24 ч)****Планируемые предметные результаты изучения****Выпускник *научится*:**

- объяснять и анализировать роль и место физики в формировании современной научной картины мира, в развитии современной техники и технологий, в практической деятельности людей, характеризовать взаимосвязь между физикой и другими естественными науками;
- характеризовать системную связь между понятиями: пространство, время, материя (вещество, поле), движение, сила, энергия;
- понимать и объяснять целостность физической теории, различать границы её применимости и место в ряду других физических теорий;
- владеть приёмами построения теоретических доказательств, прогнозирования особенностей протекания физических явлений и процессов на основе полученных теоретических выводов и доказательств;
- выдвигать гипотезы на основе знания основополагающих физических закономерностей и законов;
- самостоятельно конструировать экспериментальные установки для проверки выдвинутых гипотез, планировать и проводить физические эксперименты, рассчитывать абсолютную и относительную погрешности;
- объяснять границы применения изученных физических моделей при решении физических и межпредметных задач, решать практико-ориентированные качественные и расчётные физические задачи;

- объяснять условия применения физических моделей при решении физических задач, находить адекватную предложенной задаче физическую модель, разрешать проблему как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки;
- характеризовать глобальные проблемы, стоящие перед человечеством: энергетические, сырьевые, экологические и роль физики в решении этих проблем;
- объяснять принципы работы и характеристики изученных машин, приборов и технических устройств.

Выпускник получит возможность научиться:

- проверять экспериментальными средствами выдвинутые гипотезы, формулируя цель исследования, на основе знания основополагающих физических закономерностей и законов, описывать и анализировать полученную в результате экспериментов информацию, определять её достоверность;
- совершенствовать приборы и методы исследования в соответствии с поставленной задачей;
- использовать методы математического моделирования, в том числе простейшие статистические методы, для обработки результатов эксперимента;
- понимать и объяснять системную связь между основополагающими научными понятиями: пространство, время, материя (вещество, поле), движение, сила, энергия;
- решать экспериментальные, качественные и количественные задачи олимпиадного уровня сложности, используя физические законы, а также уравнения, связывающие физические величины;
- анализировать границы применимости физических законов, понимать всеобщий характер фундаментальных законов и ограниченность использования частных законов;
- формулировать и решать новые задачи, возникающие в ходе учебно-исследовательской и проектной деятельности.

Тематическое планирование

10 класс

(5 часов в неделю, всего 175 часов)

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося ¹⁾
ФИЗИКА И ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ МЕТОД ПОЗНАНИЯ ПРИРОДЫ (2 ч)		
Физика — фундаментальная наука о природе	<p>Научный метод познания мира. Взаимосвязь между физикой и другими естественными науками. Методы научного исследования физических явлений. Моделирование явлений и процессов природы. Границы применимости физического закона. Физические теории и принцип соответствия. Роль и место физики в формировании современной научной картины мира, в практической деятельности людей. Погрешности измерений физических величин, Законность и случайность</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Объясняет и анализирует роль и место физики в формировании современной научной картины мира, в развитии современной техники и технологий, в практической деятельности людей; • характеризует взаимосвязь между физикой и другими естественными науками; • характеризует системную связь между основополагающими научными понятиями: пространство, время, материя (вещество, поле), движение, сила, энергия
МЕХАНИКА (78 ч)		
Кинематика (24 ч)		
Предмет и задачи классической механики.	Система отсчёта, материальная точка, траектория, путь и перемещение.	<ul style="list-style-type: none"> • Решает практико-ориентированные качественные и расчётные физические

<p>Границы применимости классической механики. Система отсчёта, траектория, путь и перемещение.</p> <p>Прямолинейное равномерное движение. Сложение скоростей.</p> <p>Прямолинейное равноускоренное движение. Свободное падение, движение тела, брошенного под углом к горизонту.</p> <p>Равномерное движение по окружности</p>	<p>Прямолинейное равномерное движение: график зависимости координаты тела от времени, средняя скорость, сложение скоростей при движении вдоль одной прямой.</p> <p>Прямолинейное равноускоренное движение: зависимость скорости от времени при прямолинейном равноускоренном движении, график зависимости скорости от времени при прямолинейном равноускоренном движении, перемещение при прямолинейном равноускоренном движении, тормозной путь.</p> <p>Свободное падение тела, движение тела, брошенного вертикально вверх, горизонтально, под углом к горизонту.</p> <p>Абсолютная и относительная погрешности.</p> <p>Лабораторная работа № 1 «Изучение движения тела, брошенного горизонтально».</p> <p>Равномерное движение по окружности: направление скорости тела при движении по окружности, ускорение тела при равномерном движении</p>	<p>ские задачи с опорой на известные физические законы, закономерности и модели (материальная точка);</p> <ul style="list-style-type: none"> • объясняет условия применения физических моделей при решении физических задач, находит адекватную предложенной задаче физическую модель, разрешает проблему как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки; • самостоятельно конструирует экспериментальные установки для проверки выдвинутых гипотез, рассчитывает абсолютную и относительную погрешности; • анализирует границы применимости физических законов, понимает всеобщий характер фундаментальных законов и ограниченность использования частных законов
---	--	--

1) Универсальные учебные действия отражены в Планируемых результатах освоения учебного предмета «Физика».

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
	по окружности, частота обращения и угловая скорость, конический маятник, поступательное и вращательное движение твёрдого тела. Контрольная работа № 1 «Кинематика»	
Динамика (27 ч)		
<p>Три закона Ньютона. Силы тяготения. Силы упругости. Силы трения. Движение тела под действием нескольких сил. Тело на наклонной плоскости. Равномерное движение по окружности под действием нескольких сил. Движение системы тел</p>	<p>Три закона Ньютона: закон инерции — первый закон Ньютона, принцип относительности Галилея, явления, наблюдаемые в неинерциальных системах отсчёта, второй закон Ньютона, масса тела, единица силы, силы в механике, третий закон Ньютона, графики зависимости скорости тела от времени и равнодействующая, движение тела под действием сил, направленных под углом друг к другу. Силы тяготения: закон всемирного тяготения, условия применимости формулы закона всемирного тяготения, движение планет вокруг Солнца,</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Решает практико-ориентированные качественные и расчётные физические задачи с опорой на известные физические законы (законы Ньютона, закон всемирного тяготения, закон Гука), закономерности и модели; • объясняет условия применения физических моделей при решении физических задач, находит адекватную предложенной задаче физическую модель, разрешает проблему как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки;

	<p>сила тяжести и закон всемирного тяготения, первая космическая скорость, как измерили гравитационную постоянную, третий закон Кеплера, задачи о средней плотности планеты, геостационарная орбита.</p> <p>Силы упругости: силы упругости и деформация тел, закон Гука, примеры сил упругости, вес тела, движущегося с ускорением, удлинение и длина пружины, последовательное соединение пружин, параллельное соединение пружин, применение закона Гука для движения тела с ускорением.</p> <p>Лабораторная работа № 2 «Измерение жёсткости пружины».</p> <p>Силы трения: сила трения скольжения, сила трения покоя, другие виды сил трения.</p> <p>Движение по горизонтали под действием силы, направленной под углом к горизонту.</p> <p>Тело на наклонной плоскости: тело на гладкой наклонной плоскости, условие покоя тела на шероховатой наклонной плоскости, движение вверх по наклонной плоскости,</p>	<ul style="list-style-type: none"> • объясняет границы применения изученных физических моделей при решении физических и межпредметных задач; • самостоятельно конструирует экспериментальные установки для проверки выдвинутых гипотез, рассчитывает абсолютную и относительную погрешности; • объясняет принципы работы и характеристики изученных машин, приборов и технических устройств
--	--	--

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
	<p>уменьшение скорости тела при движении по наклонной плоскости вниз. Равномерное движение по окружности под действием нескольких сил: поворот транспорта, конический маятник, поворот на наклонной дороге, движение по окружности в полусфере и в конусе.</p> <p>Движение системы тел: тела движутся в одном направлении, тела движутся в разных направлениях, система с двумя блоками, движение системы тел при наличии наклонной плоскости и блока, движение системы тел с учётом трения.</p> <p>Контрольная работа № 2 «Динамика»</p>	
<p>Законы сохранения в механике (21 ч)</p> <p>Импульс. Закон сохранения импульса, условия применения закона сохранения импульса.</p>	<p>Импульс. Закон сохранения импульса: импульс, импульс силы, закон сохранения импульса, условия применения закона сохранения</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Решает практико-ориентированные качественные и расчётные физические задачи с опорой на известные физические законы (закон сохра-

<p>Реактивное движение. Освоение космоса. Механическая работа. Мощность. Энергия и работа. Потенциальная и кинетическая энергия. Закон сохранения энергии в механике. Движение жидкостей и газов. Неравномерное движение по окружности в вертикальной плоскости.</p>	<p>импульса, изменение импульса при движении по окружности, изменение импульса тела, движущегося под действием силы тяжести, изменение импульса тела и импульс равнодействующей приложенных к телу сил, использование закона сохранения импульса при столкновении тел, применение закона сохранения импульса к движению системы тел. Реактивное движение. Освоение космоса: реактивное движение, развитие ракетостроения, освоение космоса, современное состояние космических исследований.</p>	<p>нения импульса, закон сохранения энергии в механике), закономерности и модели; • объясняет условия применения физических моделей при решении физических задач, находит адекватную предложенной задаче физическую модель, разрешает проблему как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки; • объясняет границы применения изученных физических моделей при решении физических и межпредметных задач; • самостоятельно конструирует экспериментальные установки для проверки выдвинутых гипотез, рассчитывает абсолютную и относительную погрешности; • объясняет принципы работы и характеристики изученных машин, приборов и технических устройств</p>
<p>Применение законов сохранения в механике к движению системы тел</p>	<p>Механическая работа. Мощность: определение работы, работа силы тяжести, работа силы упругости, работа силы трения, мощность, применение закона сохранения энергии в механике к подвешенному на пружине грузу, работа равнодействующей нескольких сил, работа по подъёму цепи, работа при подъёме тела на пружине. Энергия и работа. Потенциальная и кинетическая энергия: связь энергии и работы, потенциальная энергия,</p>	

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
	<p>потенциальная энергия деформированной пружины, потенциальная энергия поднятого груза, кинетическая энергия, теорема об изменении кинетической энергии, применение теоремы об изменении кинетической энергии при движении по криволинейной траектории и по наклонной плоскости, применение теоремы об изменении кинетической энергии при наличии выталкивающей силы. Закон сохранения энергии в механике: механическая энергия и закон сохранения энергии в механике, когда можно применять закон сохранения энергии в механике, примеры применения закона сохранения энергии в механике, изменение механической энергии вследствие трения скольжения, применение закона сохранения энергии к неравномерному движению по окружности, применение закона сохранения энергии к движению тела под действием нескольких сил.</p>	

	<p>Лабораторная работа № 3 «Измерение коэффициента трения с помощью наклонной плоскости. Конструирование наклонной плоскости с заданным КПД».</p> <p>Неравномерное движение по окружности в вертикальной плоскости: нормальное и тангенциальное ускорение, движение груза, подвешенного на нити, движение по «мёртвой петле», соскальзывание с полусферы. Применение законов сохранения в механике к движению системы тел: разрыв снаряда в полёте, баллистический маятник, гладкая горка и шайба.</p> <p>Лабораторная работа № 4 «Определение кинетической энергии и импульса тела по тормозному пути».</p> <p>Лабораторная работа № 5 «Нахождение изменения механической энергии с учётом действия силы трения скольжения».</p> <p>Движение жидкостей и газов: закон Бернулли (как опытный факт). Контрольная работа № 3 «Законы сохранения»</p>
--	--

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
<p>Статика и гидростатика (6 ч)</p> <p>Условия равновесия тела. Центр тяжести. Виды равновесия. Равновесие жидкости и газа</p>	<p>Условия равновесия тела: первое условие равновесия, условие равновесия тела, закреплённого на оси, второе условие равновесия, применение условий равновесия тела к лёгкому стержню. Центр тяжести. Виды равновесия, центр тяжести системы нескольких материальных точек, применение условий равновесия тела к однородному стержню. Равновесие жидкости и газа: зависимость давления жидкости от глубины, закон Архимеда, плавание тел, воздухоплавание</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Решает практико-ориентированные качественные и расчётные физические задачи с опорой на известные физические закономерности и модели; • объясняет условия применения физических моделей при решении физических задач, находит адекватную предложенной задаче физическую модель, разрешает проблему как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки; • объясняет границы применения изученных физических моделей при решении физических и междисциплинарных задач
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА (34 ч)		
<p>Молекулярная физика (19 ч)</p> <p>Строение вещества. Изопроцессы.</p>	<p>Строение вещества: основные положения молекулярно-кинетической</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Решает практико-ориентированные качественные и расчётные физические

<p>Уравнение состояния идеального газа. Абсолютная температура и средняя кинетическая энергия молекул. Насыщенный пар. Влажность. Свойства жидкостей и твёрдых тел</p>	<p>теории, опытные подтверждения молекулярно-кинетической теории, броуновское движение, диффузия, основная задача молекулярно-кинетической теории, макроскопические и микроскопические параметры, количество вещества, закон Авогадро, моль, атомная единица массы, относительная атомная и молекулярная масса, молярная масса. Изопроцессы: изобарный процесс, абсолютная шкала температур, изохорный процесс, изотермический процесс, не изопроецессы. Лабораторная работа № 6 «Опытная проверка закона Бойля — Мариотта». Лабораторная работа № 7 «Опытная проверка закона Гей-Люссака». Уравнение состояния идеального газа: уравнение Клапейрона, уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева — Клапейрона), закон Дальтона. Абсолютная температура и средняя кинетическая энергия молекул: основное уравнение молекулярно-кинетической теории, связь между температурами и средней кинетической энергией молекул, скорости молекул,</p>	<p>ские задачи с опорой на известные физические законы (закон Авогадро, закон Бойля — Мариотта, закон Гей-Люссака, закон Шарля, закон Дальтона), закономерности и модели (идеальный газ);</p> <ul style="list-style-type: none"> • объясняет условия применения физических моделей при решении физических задач, находит адекватную предложенной задаче физическую модель, разрешает проблему как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки; • объясняет границы применения изученных физических моделей при решении физических и межпредметных задач; • самостоятельно конструирует экспериментальные установки для проверки выдвинутых гипотез, рассчитывает абсолютную и относительную погрешности; • характеризует глобальные проблемы, стоящие перед человечеством: энергетические, сырьевые, экологические и роль физики в решении этих проблем
--	---	---

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
	<p>вывод основного уравнения молекулярно-кинетической теории. Насыщенный пар. Влажность: насыщенный и ненасыщенный пар, зависимость давления насыщенного пара от температуры, кипение, влажность воздуха, измерение влажности, точка росы. Лабораторная работа № 8 «Исследование скорости остывания воды». Свойства жидкостей и твёрдых тел: модель строения жидкостей, поверхностное натяжение, модель строения твёрдых тел, механические свойства твёрдых тел. Лабораторная работа № 9 «Измерение модуля Юнга». Контрольная работа № 4 «Молекулярная физика»</p>	
<p>Термодинамика (15 ч) Первый закон термодинамики.</p>	<p>Первый закон термодинамики: внутренняя энергия и способы её изменения, два способа изменения вну-</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Решает практико-ориентированные качественные и расчётные физические задачи с опорой на известные

<p>Применение первого закона термодинамики к газовым процессам. Тепловые двигатели. Второй закон термодинамики. Фазовые переходы</p>	<p>тренней энергии тела, количество теплоты, как внутреннюю энергию частично превратить в механическую, первый закон термодинамики, адiabатный процесс, следствия первого закона термодинамики для изопроцессов. Применение первого закона термодинамики к газовым процессам: изменение внутренней энергии газа, работа газа, циклические процессы. Тепловые двигатели. Второй закон термодинамики: принцип действия и основные элементы теплового двигателя, коэффициент полезного действия (КПД) теплового двигателя, второй закон термодинамики, принцип расчёта КПД цикла, энергетический и экологический кризисы. Фазовые переходы: плавление и кристаллизация, парообразование и конденсация, уравнение теплового баланса при наличии фазовых переходов. Лабораторная работа № 10 «Изменение удельной теплоты плавления льда». Контрольная работа № 5 «Термодинамика»</p>	<p>физические законы (первый закон термодинамики), закономерности и модели; • объясняет условия применения физических моделей при решении физических задач, находит адекватную предложенной задаче физическую модель, разрешает проблему как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки; • объясняет границы применения изученных физических моделей при решении физических и межпредметных задач; • самостоятельно конструирует экспериментальные установки для проверки выдвинутых гипотез, рассчитывает абсолютную и относительную погрешности; • характеризует глобальные проблемы, стоящие перед человечеством: энергетические, сырьевые, экологические и роль физики в решении этих проблем; • объясняет принципы работы и характеристики изученных машин, приборов и технических устройств</p>
--	---	--

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
ЭЛЕКТРОСТАТИКА И ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК (36 ч)		
Электростатика (18 ч)		
<p>Электрические взаимодействия.</p> <p>Напряжённость электрического поля. Линии напряжённости.</p> <p>Проводники и диэлектрики в электрическом поле.</p> <p>Работа электрического поля. Разность потенциалов (напряжение). Энергетическая ёмкость. Энергия электрического поля</p>	<p>Электрические взаимодействия: два знака электрических зарядов, закон сохранения электрического заряда, электризация через влияние, перераспределение зарядов, единица электрического заряда, элементарный электрический заряд, закон Кулона.</p> <p>Напряжённость электрического поля: линии напряжённости, принцип суперпозиции полей, поле равномерно заряженной сферы.</p> <p>Проводники и диэлектрики в электрическом поле: проводники в электрическом поле, электростатическая защита, поляризация диэлектрика, равновесие подвешенных на нитях заряженных шариков в воздухе и в жидком диэлектрике.</p> <p>Работа электрического поля. Разность потенциалов (напряжение):</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Решает практико-ориентированные качественные и расчётные физические задачи с опорой на известные физические законы (закон сохранения электрического заряда, закон Кулона), закономерности и модели; • объясняет условия применения физических моделей при решении физических задач, находит адекватную предложенной задаче физическую модель, разрешает проблему как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки; • объясняет границы применения изученных физических моделей при решении физических и междисциплинарных задач; • объясняет принципы работы и характеристики изученных машин, приборов и технических устройств

	<p>работа поля при перемещении заряда, разность потенциалов (напряжение), соотношение между напряжением и напряжённостью для однородного поля, эквипотенциальные поверхности, движение заряженной частицы в однородном электрическом поле. Электроёмкость, энергия электрического поля, энергия заряженного конденсатора, движение заряженной частицы в конденсаторе. Контрольная работа № 6 «Электростатика»</p>	
Постоянный электрический ток (18 ч)		
<p>Закон Ома для участка цепи. Работа и мощность тока. Закон Ома для полной цепи. Электрический ток в жидкостях и газах. Электрический ток в полупроводниках. Полупроводниковые приборы. Расчёт более сложных электрических цепей</p>	<p>Закон Ома для участка цепи: сила тока, действия электрического тока, закон Ома для участка цепи, удельное сопротивление, природа электрического сопротивления. Зависимость сопротивления от температуры, сверхпроводимость, последовательное и параллельное соединение проводников, измерение силы тока и напряжения. Лабораторная работа № 11 «Исследование вольтамперной характеристики лампы накаливания».</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Решает практико-ориентированные качественные и расчётные физические задачи с опорой на известные физические законы (закон Ома для участка цепи, закон Ома для полной цепи, закон Джоуля — Ленца, закон Фарадея), закономерности и модели; • объясняет условия применения физических моделей при решении физических задач, находит адекватную предложенной задаче физическую модель, разрешает проблему

Окончание таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
	<p>Работа и мощность тока: работа тока, закон Джоуля — Ленца, применение закона Джоуля — Ленца к последовательно и параллельно соединённым проводникам, мощность тока.</p> <p>Лабораторная работа № 12 «Мощность тока в проводниках при последовательном и параллельном соединении».</p> <p>Закон Ома для полной цепи: источник тока, электродвижущая сила источника тока, закон Ома для полной цепи, напряжение на полюсах источника, КПД источника тока.</p> <p>Расчёт более сложных электрических цепей: метод эквивалентного преобразования электрических схем, использование точек с равным потенциалом, максимальная мощность во внешней цепи, конденсаторы в цепи постоянного тока.</p> <p>Лабораторная работа № 13 «Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока».</p>	<p>как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки;</p> <ul style="list-style-type: none"> • объясняет границы применения изученных физических моделей при решении физических и межпредметных задач; • самостоятельно конструирует экспериментальные установки для проверки выдвинутых гипотез, рассчитывает абсолютную и относительную погрешности; • объясняет принципы работы и характеристики изученных машин, приборов и технических устройств

	<p>Электрический ток в жидкостях и газах: электрический ток в электролитах, закон электролиза (закон Фарадея), применения электролиза, электрический ток в газах и вакууме, плазма.</p> <p>Электрический ток в полупроводниках. Полупроводниковые приборы: носители заряда в полупроводниках, зависимость сопротивления полупроводников от температуры и освещённости, примесная проводимость полупроводников, полупроводниковый диод, транзистор.</p> <p>Контрольная работа № 7 «Постоянный ток»</p>	
<p>Физический практикум ¹⁾ (15 ч) Резерв учебного времени ²⁾ (10 ч)</p>		

- 1) Работы физического практикума выбираются по усмотрению учителя и должны включать прямые и косвенные измерения, наблюдение явлений, исследование явлений, проверку гипотез (в том числе неверных), а также конструирование технических устройств.
- 2) По усмотрению учителя часы резерва учебного времени можно использовать для проектно-исследовательской деятельности.

Тематическое планирование
11 класс
(5 часов в неделю, всего 175 часов)

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося 1)
<p>Магнитное поле (10 ч)</p> <p>Магнитные взаимодействия. Магнитное поле. Магнитное поле. Закон Ампера. Сила Лоренца</p>	<p>Магнитные взаимодействия. Магнитное поле: взаимодействие постоянных магнитов, взаимодействие проводников с током, магнитные свойства вещества, магнитное поле, вектор магнитной индукции, линии магнитной индукции, правило буравчика.</p> <p>Закон Ампера: модуль вектора магнитной индукции, закон Ампера, правило левой руки, направление силы Ампера в случае, когда проводник с током перпендикулярен вектору магнитной индукции, направление силы Ампера в общем случае, рамка с током в магнитном поле, электронизмерительные приборы, электродвигатель.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Решает практико-ориентированные качественные и расчётные физические задачи с опорой на известные физические законы (закон Ампера), закономерности и модели, а также уравнения, связывающие физические величины; • объясняет условия применения физических моделей при решении физических задач, находит адекватную предложенной задаче физическую модель, разрешает проблему как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки; • самостоятельно конструирует экспериментальные установки для проверки выдвинутых гипотез,

	<p>Применения закона Ампера: стержень на горизонтальных направляющих, стержень на наклонных направляющих, полный оборот стержня, подвешенного на проводах, гибкий проводник с током вблизи полюсового магнита.</p> <p>Абсолютная и относительная погрешности.</p> <p>Лабораторная работа № 1 «Действие магнитного поля на проводник с током».</p> <p>Сила Лоренца: модуль и направление силы Лоренца, движение заряженной частицы в однородном магнитном поле, «фильм скоростей»</p>	<p>рассчитывает абсолютную и относительную погрешности;</p> <ul style="list-style-type: none"> объясняет принципы работы и характеристики изученных машин, приборов и технических устройств
Электромагнитная индукция (14 ч)		
<p>Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца.</p> <p>Закон электромагнитной индукции.</p>	<p>Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца: опыты Фарадея, магнитный поток, правило Ленца.</p> <p>Закон электромагнитной индукции: причины возникновения индукцион-</p>	<ul style="list-style-type: none"> Решает практико-ориентированные качественные и расчётные физические задачи с опорой на известные физические законы (закон электромагнитной индукции), закономерности и модели, а также уравне-

1) Универсальные учебные действия отражены в Планируемых результатах освоения учебного предмета «Физика».

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
<p>Самоиндукция. Энергия магнитного поля</p>	<p>ного тока, сила Лоренца, вихревое электрическое поле, закон электромагнитной индукции, ЭДС индукции, заряд, прошедший через контур при изменении магнитного потока, ЭДС индукции в проводнике, движущемся с постоянной скоростью, движение проводника под действием силы тяжести и силы Ампера.</p> <p>Лабораторная работа № 2 «Исследование явления электромагнитной индукции. Конструирование трансформатора».</p> <p>Лабораторная работа № 3 «Исследование вихревого электрического поля».</p> <p>Самоиндукция, энергия магнитного поля: явление самоиндукции, индуктивность, энергия магнитного поля контура с током, количество теплоты, выделившееся при размыкании цепи.</p> <p>Контрольная работа № 1 «Магнитное поле. Электромагнитная индукция»</p>	<p>нения, связывающие физические величины;</p> <ul style="list-style-type: none"> • объясняет условия применения физических моделей при решении физических задач, находит адекватную предложенной задаче физическую модель, разрешает проблему как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки; • объясняет границы применения изученных физических моделей при решении физических и межпредметных задач; • самостоятельно конструирует экспериментальные установки для проверки выдвинутых гипотез, рассчитывает абсолютную и относительную погрешности; • объясняет принципы работы и характеристики изученных машин, приборов и технических устройств

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ (14 ч)	
Колебания (10 ч)	
<p>Свободные механические колебания. Динамика механических колебаний. Энергия механических колебаний. Вынужденные колебания. Колебательный контур. Переменный электрический ток</p>	<p>Свободные механические колебания: условия существования свободных колебаний, основные характеристики колебаний, гармонические колебания, уравнение гармонических колебаний, фаза колебаний, гармонические колебания и равномерное движение по окружности. Динамика механических колебаний: пружинный маятник, математический маятник, вывод формул для периода и частоты колебаний математического маятника, соотношение между смещением, скоростью и ускорением тела при гармонических колебаниях. Лабораторная работа № 4 «Изучение колебаний пружинного маятника». Энергия механических колебаний. Вынужденные колебания: превращение энергии при свободных гармонических колебаниях, затухающие колебания, вынужденные колебания, резонанс. Колебательный контур: свободные электромагнитные колебания, анало-</p> <ul style="list-style-type: none"> • Решает практико-ориентированные качественные и расчётные физические задачи с опорой на известные физические законы, закономерности и модели; • объясняет условия применения физических моделей при решении физических задач, находит адекватную предложенной задаче физическую модель, разрешает проблему как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки; • самостоятельно конструирует экспериментальные установки для проверки выдвинутых гипотез, рассматривает абсолютную и относительную погрешности; • объясняет принципы работы и характеристики изученных машин, приборов и технических устройств

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
	<p>гия между механическими и электромагнитными колебаниями, вынужденные электромагнитные колебания, резонанс.</p> <p>Переменный электрический ток: действующие значения напряжения и силы тока, конденсатор и катушка индуктивности в цепи переменного тока, индукционный генератор электрического тока, производство, передача и потребление электроэнергии, трансформатор</p>	
Волны (4 ч)		
<p>Механические волны. Звук. Электромагнитные волны. Передача информации с помощью электромагнитных волн</p>	<p>Механические волны. Звук: механические волны, продольные и поперечные волны, основные характеристики волны, скорость волны, энергия волны, интерференция и дифракция волн, звук, высота и громкость звука, ультразвук и инфразвук. Электромагнитные волны: предсказание и открытие электромагнитных волн, теория Максвелла, опыт Герца,</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Решает практико-ориентированные качественные и расчётные физические задачи с опорой на известные физические законы, закономерности и модели; • объясняет границы применения изученных физических моделей при решении физических и междисциплинарных задач;

	<p>свойства электромагнитных волн, давление света, шкала электромагнитных волн, практическое применение электромагнитных излучений, передача информации с помощью электромагнитных волн, изображение радио, принципы радиосвязи, передача радиоволн, генератор на транзисторе, амплитудная модуляция, приём радиоволн современные средства связи, мобильная связь, Интернет.</p> <p>Контрольная работа № 2 «Колебания и волны»</p>	<ul style="list-style-type: none"> • объясняет принципы работы и характеристики изученных машин, приборов и технических устройств
<p>ОПТИКА (33 ч)</p> <p>Геометрическая оптика (14 ч)</p>		
<p>Законы геометрической оптики.</p> <p>Линзы. Построение изображений в линзах.</p> <p>Глаз и оптические приборы</p>	<p>Законы геометрической оптики: луч света и точечный источник света, прямолинейное распространение света, отражение света, преломление света, полное внутреннее отражение.</p> <p>Лабораторная работа № 5 «Исследование преломления света на границах раздела «воздух — стекло» и «стекло — воздух».</p> <p>Линзы. Построение изображений в линзах: виды линз, основные элементы линзы, фокусы линзы, изображе-</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Решает практико-ориентированные качественные и расчётные физические задачи с опорой на известные физические законы (прямолинейное распространение, отражение и преломление света), закономерности и модели; • объясняет условия применения физических моделей при решении физических задач, находит адекватную предложенной задаче физическую модель, разрешает проблему

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
	<p>ния в линзах, построение изображений в линзах, увеличение линзы, формула тонкой линзы, вывод формулы тонкой линзы, использование фокальной плоскости линзы для построения изображения точки, лежащей на главной оптической оси линзы, хода произвольного луча и нахождения фокусов, изображение треугольника в линзе.</p> <p>Глаз и оптические приборы: глаз и его строение, недостатки зрения и их исправление, фотоаппарат и видеокamera, киноаппарат и проектор</p>	<p>как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки;</p> <ul style="list-style-type: none"> • объясняет границы применения изученных физических моделей при решении физических и межпредметных задач; • самостоятельно конструирует экспериментальные установки для проверки выдвинутых гипотез, рассчитывает абсолютную и относительную погрешности
<p>Волновая оптика (16 ч)</p> <p>Интерференция волн. Дифракция волн. Дисперсия. Поляризация. Принцип Гюйгенса — Френеля</p>	<p>Интерференция волн: корпускулярная теория света, волновая теория света, интерференция волн на поверхности воды, когерентность, условия интерференционных максимумов и минимумов, интерференция света, кольца Ньютона, просветление оптики.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Решает практико-ориентированные качественные и расчётные физические задачи с опорой на известные физические законы, закономерности и модели; • объясняет условия применения физических моделей при решении физических задач, находит адекват-

	<p>Дифракция волн: дифракция механических волн, дифракция света, опыт Юнга с двумя щелями, измерение длины волны света, дифракционная решётка, разрешающая способность оптических приборов.</p> <p>Лабораторная работа № 6 «Наблюдение интерференции и дифракции света».</p> <p>Лабораторная работа № 7 «Определение длины световой волны с помощью дифракционной решётки».</p> <p>Дисперсия. Поляризация: применения поляризации, соотношение между волновой и геометрической оптикой.</p> <p>Принцип Гюйгенса — Френеля: дисперсия света, спектрскоп, окраска предметов, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение, поляризация света, применения поляризации.</p> <p>Контрольная работа № 3 «Оптика»</p>	<p>ную предложенной задаче физическую модель, разрешает проблему как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки;</p> <ul style="list-style-type: none"> • объясняет границы применения изученных физических моделей при решении физических и межпредметных задач; • самостоятельно конструирует экспериментальные установки для проверки выдвинутых гипотез, рассчитывает абсолютную и относительную погрешности
Элементы теории относительности (3 ч)		
<p>Основные положения специальной теории относительности.</p>	<p>Постулаты специальной теории относительности, относительность одновременности.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Объясняет условия применения физических моделей при решении физических задач, находит адекват-

Продолжение таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
Энергия тела. Энергия покоя	Энергия тела, энергия покоя, скорость света — предельная скорость, энергия и импульс свободной частицы; отменяет ли теория относительности классическую механику?	<p>ную предложенной задаче физическую модель, разрешает проблему как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки;</p> <ul style="list-style-type: none"> • характеризует системную связь между понятиями: пространство, время, движение, сила, энергия; • объясняет границы применения изученных физических моделей при решении физических и межпредметных задач
КВАНТОВАЯ ФИЗИКА (22 ч)		
Кванты и атомы (10 ч)		
Фотозффект. Фотоны. Строение атома. Атомные спектры	Фотозффект: гипотеза Планка, явление фотозффекта, законы фотозффекта, теория фотозффекта, уравнение Эйнштейна для фотозффекта, фотоны, опыт Вавилова, применение фотозффекта. Строение атома: опыт Резерфорда, планетарная модель атома, теория атома Бора, спектры излучения и	<ul style="list-style-type: none"> • Решает практико-ориентированные качественные и расчётные физические задачи с опорой на известные физические законы (законы фотозффекта), закономерности и модели; • объясняет условия применения физических моделей при решении физических задач, находит адекватную предложенной задаче физиче-

	<p>поглощения, спектральный анализ, энергетические уровни, объяснение линейчатого спектра водорода на основе квантовых постулатов Бора, спонтанное и вынужденное излучение, лазеры, корпускулярно-волновой дуализм.</p> <p>Лабораторная работа № 8 «Изучение спектра водорода по фотографии»</p>	<p>скую модель, разрешает проблему как на основе имеющихся знаний, так и при помощи методов оценки;</p> <ul style="list-style-type: none"> • объясняет границы применения изученных физических моделей при решении физических и межпредметных задач; • самостоятельно конструирует экспериментальные установки для проверки выдвинутых гипотез, рассматривает абсолютную и относительную погрешности; • объясняет принципы работы и характеристики изученных машин, приборов и технических устройств
<p>Атомное ядро и элементарные частицы (12 ч)</p> <p>Атомное ядро. Радиоактивность. Ядерные реакции. Ядерная энергетика. Мир элементарных частиц</p>	<p>Атомное ядро, радиоактивность: строение атомного ядра, открытие протона и нейтрона, протонно-нейтронная модель ядра, ядерные силы, открытие радиоактивности, изотопы, радиоактивные превращения, правило смещения при α-распаде, правило смещения при β-распаде, γ-излучение, закон радиоактивного распада. Ядерные реакции. Ядерная энергетика: ядерные реакции, энергия свя-</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Решает практико-ориентированные качественные и расчётные физические задачи с опорой на известные физические законы, закономерности и модели; • объясняет условия применения физических моделей при решении физических задач, находит адекватную предложенной задаче физическую модель, разрешает проблему, как на основе имеющихся

Окончание таблицы

Содержание предмета	Тематическое планирование	Основные виды деятельности учащегося
	<p>зи атомных ядер, реакции синтеза и деления ядер, цепные реакции деления, ядерный реактор, принцип действия атомной электростанции, ядерная энергетика, влияние радиации на живые организмы.</p> <p>Мир элементарных частиц: классификация элементарных частиц, фундаментальные частицы и фундаментальные взаимодействия, методы регистрации и исследования элементарных частиц, ускорители элементарных частиц.</p> <p>Лабораторная работа № 9 «Изучение треков заряженных частиц по фотографии».</p> <p>Контрольная работа № 4 «Квантовая физика»</p>	<p>знаний, так и при помощи методов оценки;</p> <ul style="list-style-type: none"> • объясняет и анализирует роль и место физики в формировании современной научной картины мира, в развитии современной техники и технологий, в практической деятельности людей
АСТРОНОМИЯ И АСТРОФИЗИКА (8 ч)		
Солнечная система (3 ч)		
Солнце. Планеты и другие тела Солнечной системы	Солнце: источник энергии Солнца, строение Солнца.	<ul style="list-style-type: none"> • Характеризует взаимосвязь между физикой и другими естественными науками;

	<p>Планеты и другие тела Солнечной системы: планеты земной группы, планеты-гиганты, малые тела Солнечной системы, происхождение Солнечной системы</p>	<ul style="list-style-type: none"> • характеризует системную связь между основополагающими научными понятиями: пространство, поле), движение
<p>Звёзды и галактики (5 ч)</p>		
<p>Звёзды. Галактики</p>	<p>Звёзды: главная последовательность, красные гиганты и белые карлики, эволюция звёзд, нейтронные звёзды, новые и сверхновые, чёрные дыры, происхождение химических элементов. Галактики: Млечный Путь, другие галактики, расширение Вселенной, Большой взрыв, тёмная энергия и тёмная материя</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Характеризует взаимосвязь между физикой и другими естественными науками; • характеризует системную связь между основополагающими научными понятиями: пространство, поле), время, материя (вещество, поле), движение
<p>Физический практикум¹⁾ (15 ч) Итоговое повторение, подготовка к ЕГЭ (45 ч) Резерв учебного времени²⁾ (14 ч)</p>		

- 1) Работы физического практикума выбираются по усмотрению учителя и должны включать прямые и косвенные измерения, наблюдение явлений, исследование, проверку гипотез (в том числе неверных), а также конструирование технических устройств.
- 2) По усмотрению учителя часы резерва учебного времени можно использовать для проектно-исследовательской деятельности.

ПРИМЕРНОЕ ПОУРОЧНОЕ
ПЛАНИРОВАНИЕ
И СОДЕРЖАНИЕ УРОКОВ

Примерное поурочное планирование

Тема	Базовый уровень (часы)	Углублённый уровень (часы)	Дата проведения
Магнитное поле (7 ч / 10 ч)			
Магнитные взаимодействия. Магнитное поле	1	1	
Правило буравчика	1	1	
Принцип суперпозиций магнитных полей	0	1	
Закон Ампера	1	1	
Применение закона Ампера	0	1	
Решение задач по теме «Закон Ампера»	1	1	
<i>Лабораторная работа № 1 «Действие магнитного поля на проводник с током»</i>	1	1	
Сила Лоренца	1	1	
Исследование ключевой ситуации «Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле»	0	1	
Решение задач по теме «Сила Лоренца»	1	1	
Электромагнитная индукция (9 ч / 14 ч)			
Явление электромагнитной индукции	1	1	

Продолжение таблицы

Тема	Базовый уровень (часы)	Углублённый уровень (часы)	Дата проведения
Правило Ленца	1	1	
Решение задач по теме «Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца»	1	1	
Закон электромагнитной индукции	1	1	
Исследование ключевой ситуации «ЭДС индукции в проводнике, движущемся с постоянной скоростью»	0	1	
Исследование ключевой ситуации «Движение проводника под действием силы тяжести и силы Ампера»	0	1	
Решение задач по теме «Закон электромагнитной индукции»	1	1	
<i>Лабораторная работа № 2 «Исследование явления электромагнитной индукции. Конструирование трансформатора»</i>	1	1	
<i>Лабораторная работа № 3 «Исследование вихревого электрического поля»</i>	1	1	
Самоиндукция	1	1	
Энергия магнитного поля контура с током		1	

Продолжение таблицы

Тема	Базовый уровень (часы)	Углублённый уровень (часы)	Дата проведения
Решение задач по теме «Самоиндукция. Энергия магнитного поля контура с током»	0	1	
Обобщающий урок по теме «Магнитное поле. Электромагнитная индукция»	0	1	
<i>Контрольная работа по теме «Магнитное поле. Электромагнитная индукция»</i>	1	1	
Колебания и волны (7 ч / 14 ч)			
Колебания	5	10	
Свободные механические колебания	1	1	
Динамика механических колебаний: пружинный маятник	1	1	
Динамика механических колебаний: математический маятник		1	
<i>Лабораторная работа № 4 «Изучение колебаний пружинного маятника»</i>	1	1	
Решение задач по теме «Динамика механических колебаний»	0	1	
Энергия механических колебаний. Вынужденные колебания	1	1	

Продолжение таблицы

Тема	Базовый уровень (часы)	Углублённый уровень (часы)	Дата проведения
Колебательный контур	1	1	
Переменный электрический ток		1	
Конденсатор и катушка индуктивности в цепи переменного тока	0	1	
Производство, передача и потребление электроэнергии	0	1	
Волны	2	4	
Механические волны	1	1	
Звук		1	
Электромагнитные волны. Передача информации с помощью электромагнитных волн	1	1	
<i>Контрольная работа по теме «Колебания и волны»</i>	0	1	
Оптика (18 ч / 33 ч)			
Геометрическая оптика	9	14	
Прямолинейное распространение света	1	1	
Отражение света	1	1	
Преломление света	1	1	
Решение задач по теме «Законы геометрической оптики»	0	1	

Продолжение таблицы

Тема	Базовый уровень (часы)	Углублённый уровень (часы)	Дата проведения
<i>Лабораторная работа № 5 «Исследование преломления света на границах раздела «воздух — стекло» и «стекло — воздух»</i>	1	1	
Виды линз. Основные элементы линзы	1	1	
Изображения в линзах	1	1	
Формула тонкой линзы	1	1	
Ход произвольного луча и нахождение фокусов линзы	0	1	
Решение задач по теме «Линзы. Построение изображений в линзах»	0	1	
Решение задач по теме «Линзы. Построение изображений в линзах»	0	1	
Глаз и оптические приборы	1	1	
Решение задач по теме «Глаз и оптические приборы»	0	1	
Обобщающий урок по теме «Геометрическая оптика»	1	1	
Волновая оптика	9	16	
Интерференция волн на поверхности воды	1	1	
Интерференция света	1	1	

Продолжение таблицы

Тема	Базовый уровень (часы)	Углублённый уровень (часы)	Дата проведения
Решение задач по теме «Интерференция»	0	1	
Дифракция волн	1	1	
Измерение длин волн света	0	1	
Дифракционная решётка	1	1	
Решение задач по теме «Дифракция»	0	1	
<i>Лабораторная работа № 6 «Наблюдение интерференции и дифракции света»</i>	1	1	
<i>Лабораторная работа № 7 «Определение длины световой волны с помощью дифракционной решётки»</i>	1	1	
Дисперсия света	1	1	
Поляризация света	1	1	
Соотношение между волновой и геометрической оптикой	0	1	
Решение задач по теме «Поляризация и дисперсия»	0	1	
Решение задач по теме «Волновая оптика»	0	1	
Обобщающий урок «Волновая оптика»	0	1	
<i>Контрольная работа по теме «Оптика»</i>	1	1	

Продолжение таблицы

Тема	Базовый уровень (часы)	Углублённый уровень (часы)	Дата проведения
Элементы теории относительности	2	3	
Основные положения специальной теории относительности	1	1	
Энергия тела. Энергия покоя	1	1	
Решение задач по теме «Элементы теории относительности»		1	
Квантовая физика (16 ч / 22 ч)			
Кванты и атомы	7	10	
Явление фотоэффекта	1	1	
Теория фотоэффекта. Фотоны	1	1	
Применение фотоэффекта		1	
Решение задач по теме «Фотоэффект. Фотоны»	1	1	
Решение задач по теме «Фотоэффект. Фотоны»	0	1	
Строение атома. Атомные спектры	1	1	
Энергетические уровни	1	1	
<i>Лабораторная работа № 8 «Изучение спектра водорода по фотографии»</i>	1	1	
Лазеры	1	1	

Продолжение таблицы

Тема	Базовый уровень (часы)	Углублённый уровень (часы)	Дата проведения
Решение задач по теме «Строение атома. Атомные спектры»	0	1	
Атомное ядро и элементарные частицы	9	12	
Строение атомного ядра	1	1	
Радиоактивность	1	1	
Закон радиоактивного распада	1	1	
Решение задач по теме «Атомное ядро. Радиоактивность»	0	1	
Ядерные реакции	1	1	
Энергия связи атомных ядер		1	
Ядерная энергетика	1	1	
Фундаментальные частицы и фундаментальные взаимодействия	1	1	
Методы регистрации и исследования элементарных частиц	1	1	
<i>Лабораторная работа № 9 «Изучение треков заряженных частиц по фотографии»</i>	1	1	
Обобщающий урок «Кванты и атомы. Атомное ядро и элементарные частицы»	0	1	

Окончание таблицы

Тема	Базовый уровень (часы)	Углублённый уровень (часы)	Дата проведения
<i>Контрольная работа по теме «Квантовая физика»</i>	1	1	
Астрономия и астрофизика (8 ч / 8 ч)			
Солнечная система	3	3	
Солнце	1	1	
Планеты Солнечной системы	1	1	
Малые тела Солнечной системы	1	1	
Звёзды и галактики	5	5	
Главная последовательность, красные гиганты и белые карлики	1	1	
Эволюция звёзд	1	1	
Млечный Путь	1	1	
Другие галактики	1	1	
Эволюция Вселенной	1	1	
ИТОГО: Базовый уровень — 70 ч, углублённый уровень — 175 ч			
Физический практикум — 0 ч / 15 ч			
Итоговое повторение, подготовка к ЕГЭ — 0 ч / 45 ч			
Резерв учебного времени — 3 ч / 14 ч			

Примерное содержание уроков (базовый уровень)

Глава I. Магнитное поле (7 ч)

Урок № 1/1. Магнитные взаимодействия. Магнитное поле

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Взаимодействие постоянных магнитов. § 1 (п. 1); № 1, 2.
2. Взаимодействие проводников с током. § 1 (п. 2); № 3–6.
3. Магнитные свойства вещества. § 1 (п. 3).
4. Магнитное поле. § 1 (п. 4); № 8.

Демонстрации:

Взаимодействие магнитов.

Магнитные линии постоянных магнитов и кругового тока.

Взаимодействие проводников с токами.

Материалы для домашнего задания: § 1 (пп. 1–4); № 18–22. *Экспериментальное задание*¹⁾: Используя швейную иглу, маленькие кусочки пенопласта, постоянный магнит, плоскую батарейку, провод, широкий не металлический сосуд с водой, проведите опыт Эрстеда. Учтите, что провод необходимо подключить к источнику тока через резистор сопротивлением 1–2 Ом, рассчитанный на силу тока не менее 3 А.

Урок № 2/2. Правило буравчика

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Правило буравчика для витка или катушки с током. § 1 (п. 5); № 10, 11.

¹⁾ За выполнение домашнего экспериментального задания можно поставить дополнительную отметку.

2. Правило буравчика для прямолинейного проводника с током. § 1 (п. 5); № 12, 13, 16, 17.

Материалы для домашнего задания: § 1 (пп. 1–5); № 23, 25, 26. *Экспериментальное задание:* Проведите опыт Эрстеда (см. урок 1/1), сделайте схематический рисунок в тетради и укажите на нём направление тока в проводнике и направление линий магнитной индукции поля, создаваемого этим током.

Урок № 3/3. Закон Ампера

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Модуль вектора магнитной индукции. § 2 (п. 1); № 1, 2.
2. Закон Ампера. § 2 (п. 2); № 3, 4.
3. Правило левой руки. § 2 (п. 3); № 5, 8.
4. Рамка с током в магнитном поле. § 2 (п. 4); № 12–15.

Демонстрации:

Вращение проводника с током в магнитном поле.

Действие магнитного поля на ток.

Материалы для домашнего задания: § 2; № 16, 17, 21, 23, 25.

Урок № 4/4. Решение задач по теме «Закон Ампера»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Закон Ампера». § 2; № 20, 24.
2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Закон Ампера».

Материалы для домашнего задания: § 1, 2; № 18, 19. Подготовиться к лабораторной работе (с. 158–162).

Урок № 5/5. Лабораторная работа № 1 «Действие магнитного поля на проводник с током»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лабораторная работа¹⁾ № 1 «Действие магнитного поля на проводник с током». С. 162.

Материалы для домашнего задания: § 3; № 11, 15, 16.

Урок № 6/6. Сила Лоренца

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Модуль силы Лоренца. § 4 (п. 1); № 2, 3.

2. Направление силы Лоренца. § 4 (п. 2); № 4.

3. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. § 4 (п. 3); № 6, 7, 15.

Демонстрации: Действие магнитного поля на светящееся пятно на экране осциллографа.

Материалы для домашнего задания: § 4 (пп. 1–3); № 11, 13, 14, 16.

Урок № 7/7. Решение задач по теме «Сила Лоренца»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Сила Лоренца». § 4; № 17, 21.

2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Сила Лоренца».

Материалы для домашнего задания: § 4; № 12, 18, 20.

¹⁾ Работу целесообразно выполнять в «Тетради для лабораторных работ» издательства «БИНОМ. Лаборатория знаний».

Глава II. Электромагнитная индукция (9 ч)

Урок № 1/8. Явление электромагнитной индукции

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Опыты Фарадея. § 5 (п. 1); № 1–4.

2. Магнитный поток. § 5 (п. 2); № 5–8.

Демонстрации: Опыты Фарадея.

Материалы для домашнего задания: § 5 (пп. 1, 2); № 16–18, 22.

Урок № 2/9. Правило Ленца

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Правило Ленца. § 5 (п. 3); № 9–13.

Демонстрации: Опыт Ленца.

Материалы для домашнего задания: § 5; № 21, 24.

Урок № 3/10. Решение задач по теме «Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца».

2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца».

Материалы для домашнего задания: § 5; № 19, 20, 23.

Урок № 4/11. Закон электромагнитной индукции

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Причины возникновения индукционного тока. § 6 (п. 1); № 1–6.
2. Вихревое электрическое поле. § 6 (п. 1); № 7–12.
3. Закон электромагнитной индукции. § 6 (п. 2); № 14.
4. ЭДС индукции в проводнике, движущемся с постоянной скоростью. § 6 (п. 3); № 17.

Демонстрации: Возникновение индукционного тока.*Материалы для домашнего задания:* § 6 (пп. 1, 2); № 22–24.**Урок № 5/12. Решение задач по теме «Закон электромагнитной индукции»**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Закон электромагнитной индукции».
2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Закон электромагнитной индукции».

Материалы для домашнего задания: § 5, § 6; № 25–28. Подготовиться к лабораторной работе (с. 163–164).**Урок № 6/13. Лабораторная работа № 2 «Исследование явления электромагнитной индукции. Конструирование трансформатора»**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лабораторная работа № 2 «Исследование явления электромагнитной индукции. Конструирование трансформатора».

Материалы для домашнего задания: § 5, 6. Подготовиться к лабораторной работе (с. 164–165).

Урок № 7/14. Лабораторная работа № 3 «Исследование вихревого электрического поля»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лабораторная работа № 3 «Исследование вихревого электрического поля».

Материалы для домашнего задания: § 5, 6.

Урок № 8/15. Самоиндукция. Энергия магнитного поля контура с током

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Явление самоиндукции. § 7 (п. 1); № 1, 2.

2. Индуктивность. § 7 (п. 2); № 4–7.

3. Энергия магнитного поля контура с током. § 7 (п. 3); № 8.

Демонстрации: Явление самоиндукции.

Материалы для домашнего задания: § 7 (пп. 1, 2); № 10–12, 14, 17. Задания типовой контрольной работы¹⁾.

Урок № 9/16. Контрольная работа № 1 по теме «Магнитное поле. Электромагнитная индукция»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Контрольная работа по теме «Магнитное поле. Электромагнитная индукция».

¹⁾ Задания типовой контрольной работы содержатся в «Тетради для самостоятельных и контрольных работ» издательства «БИНОМ. Лаборатория знаний».

Материалы для домашнего задания: Провести анализ решения заданий контрольной работы¹⁾.

Глава III. Колебания (5 ч)

Урок № 1/17. Свободные механические колебания

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Условия существования свободных колебаний. § 8 (п. 1); № 1–3.

2. Основные характеристики колебаний. § 8 (п. 2); № 4–10.

3. Гармонические колебания. § 8 (п. 3); № 11–15.

Демонстрации: Свободные механические колебания.

Материалы для домашнего задания: § 8 (пп. 1–3); № 24, 25, 28–31.

Урок № 2/18. Динамика механических колебаний: пружинный и математический маятники

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Пружинный маятник. § 9 (п. 1); № 1–3.

2. Математический маятник. § 9 (п. 2); № 9.

3. Соотношение между смещением, скоростью и ускорением тела при гармонических колебаниях. § 9 (п. 3).

Демонстрации: Измерение периода колебаний пружинного маятника.

Материалы для домашнего задания: § 9 (п. 1); № 20–23. Подготовиться к лабораторной работе (с. 165–166).

1) Задания типовой контрольной работы содержатся в «Тетради для самостоятельных и контрольных работ» издательства «ВИНОМ. Лаборатория знаний».

Урок № 3/19. Лабораторная работа № 4 «Изучение колебаний пружинного маятника»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лабораторная работа № 4 «Изучение колебаний пружинного маятника».

Материалы для домашнего задания: § 8; § 9, № 25–28.

Урок № 4/20. Энергия механических колебаний. Вынужденные колебания

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Превращения энергии при свободных гармонических колебаниях. § 10 (п. 1); № 1, 2.

2. Вынужденные колебания, резонанс. § 10 (п. 2); № 6, 7.

Демонстрации:

Вынужденные колебания.

Резонанс нитяных маятников.

Материалы для домашнего задания: § 10; № 9, 10, 12, 15.

Урок № 5/21. Колебательный контур. Переменный электрический ток

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Свободные электромагнитные колебания. § 11 (п. 1); № 1–3, 5–7.

2. Аналогия между механическими и электромагнитными колебаниями. § 11 (п. 3); № 13.

3. Индукционный генератор электрического тока. § 12 (п. 1); № 1, 3, 4.

4. Действующие значения силы тока и напряжения. § 12 (п. 2); № 5.

5. Производство электроэнергии, передача и потребление электроэнергии. § 12 (п. 4); № 18, 19.

6. Трансформатор. § 12 (п. 4); № 20, 21.

Демонстрации:

Наблюдение свободных электромагнитных колебаний с помощью осциллографа.

Принцип действия генератора электрического тока.

Материалы для домашнего задания: § 11; № 14, 15, 18, 19. § 12 (пп. 1, 2, 4); № 22–24.

Глава IV. Волны (2 ч)

Урок № 1/22. Механические волны. Звук

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Механические волны. § 13 (п. 1).
2. Основные характеристики волны. § 13 (п. 1); № 1–6.
3. Звук. § 13 (п. 2); № 7.
4. Высота и громкость звука. § 13 (п. 2); № 8, 9.
5. Ультразвук и инфразвук. § 13 (п. 2).

Демонстрации:

Продольные и поперечные волны.

Звуковые волны.

Материалы для домашнего задания: § 13; № 10, 11, 14, 16, 19.

Урок № 2/23. Электромагнитные волны. Передача информации с помощью электромагнитных волн

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Предсказание и открытие электромагнитных волн. § 14 (п. 1).

2. Свойства электромагнитных волн. § 14 (п. 2); № 1–5.
 3. Практическое применение электромагнитных излучений и шкала электромагнитных волн. § 14 (п. 3); № 6, 8.
 4. Изобретение радио. Принципы радиосвязи. § 15 (пп. 1, 2); № 1.
 5. Современные средства связи. § 15 (п. 5).
 6. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Колебания и волны».
- Материалы для домашнего задания:* § 14; № 7, 10, 11. § 15; № 7, 10, 12.

Глава V. Геометрическая оптика (9 ч)

Урок № 1/24. Прямолинейное распространение света

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лучи света и точечный источник света. § 16 (п. 1); № 1.
2. Прямолинейное распространение света. Тень и полутень. § 16 (п. 2); № 2, 3, 5, 6.

Демонстрации:

Точечные и протяжённые источники света.

Прямолинейное распространение света.

Материалы для домашнего задания: § 16 (пп. 1, 2); № 4, 41.

Урок № 2/25. Отражение света

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Законы отражения света. § 16 (п. 3); № 7–11.
2. Изображение в зеркале. § 16 (п. 3); № 13–17.

Демонстрации:

Отражение света.

Отражение в нескольких зеркалах.

Материалы для домашнего задания: § 16 (пп. 1–3); № 34–36, 44, 45. *Экспериментальное задание:* Используя два плоских зеркала, получите с их помощью несколько изображений. Сколько изображений вам удалось получить? Под каким углом друг к другу располагались при этом зеркала?

Урок № 3/26. Преломление света

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Преломление света. § 16 (п. 4); № 18–21, 25, 27.
2. Полное внутреннее отражение. § 16 (п. 5); № 31–33.

Демонстрации:

Преломление света.

Полное внутреннее отражение.

Материалы для домашнего задания: § 16; № 22–24, 37, 38, 47. Подготовиться к лабораторной работе (с. 170–171).

Урок № 4/27. Лабораторная работа № 5 «Исследование преломления света на границах раздела «воздух — стекло» и «стекло — воздух»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лабораторная работа «Исследование преломления света на границах раздела «воздух — стекло» и «стекло — воздух».

Материалы для домашнего задания: § 16; № 39, 40, 48. *Экспериментальное задание:* используя лазерную указку и стеклянный сосуд с водой, подкрашенной молоком, проверьте (качественно) справедливость закона преломления света. Сделайте в тетради пояснительный рисунок.

Урок № 5/28. Виды линз. Основные элементы линзы

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Законы отражения и преломления света».

2. Виды линз. Основные элементы линзы. § 17 (п. 1); № 1.

3. Фокусы линз. § 17 (п. 2); № 2–5.

Демонстрации:

Виды линз.

Преломление света в линзах.

Определение фокусного расстояния собирающей линзы.

Материалы для домашнего задания: § 17 (пп. 1, 2); № 6.

Урок № 6/29. Изображения в линзах

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Изображения в линзах. § 17 (п. 3).

2. Построение изображений в линзах. § 17 (п. 4); № 7–11.

3. Увеличение линзы. § 17 (п. 5); № 12–14.

Демонстрации:

Получение изображений с помощью собирающей и рассеивающей линз.

Материалы для домашнего задания: § 17 (пп. 1–5); № 32–34, 43, 44, 49. *Экспериментальное задание:* Используя стеклянную пластинку, металлическую шайбу диаметром 7–9 мм с круглым отверстием, медицинский шприц и воду, изготовьте с их помощью «жидкую линзу». С помощью вазелина прикрепите шайбу к стеклу. Получите с помощью этой линзы чёткое изображение спирали лампы накаливания на белом экране. Предложите свои способы изготовления линз.

Урок № 7/30. Формула тонкой линзы

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Формула тонкой линзы. § 17 (п. 6); № 17, 18.

2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Линзы».

Материалы для домашнего задания: § 17 (пп. 1–6); № 35–40.**Урок № 8/31. Глаз и оптические приборы**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Глаз. § 18 (п. 1); № 1–3.

2. Оптические приборы. § 18 (п. 2); № 4, 7–9.

Демонстрации:

Фотоаппарат, лупа, микроскоп, телескоп.

Материалы для домашнего задания: § 18; № 11–15.**Урок № 9/32. Обобщающий урок по теме «Геометрическая оптика»**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Повторение ключевых ситуаций по теме «Геометрическая оптика».

2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Геометрическая оптика».

Материалы для домашнего задания: § 17, 18. *Экспериментальное задание:* Изготовьте на свой выбор действующую модель перископа, телескопа, калейдоскопа. Какие законы геометрической оптики лежат в основе принципа их действия? Сделайте в тетради схему, поясняющую принцип работы выбранного вами устройства.

Глава VI. Волновая оптика (9 ч)

Урок № 1/33. Интерференция волн на поверхности воды

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Свет — частицы или волны? § 19 (п. 1).
2. Интерференция волн на поверхности воды. § 19 (п. 2); № 2, 5, 6, 7.

Демонстрации:

Интерференция волн на поверхности воды.

Материалы для домашнего задания: § 19 (пп. 1, 2); № 13, 16, 17.

Урок № 2/34. Интерференция света

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Интерференция света. § 19 (п. 3).

Демонстрации:

Бипризма Френеля.

Кольца Ньютона.

Интерференция в тонких плёнках.

Материалы для домашнего задания: § 19 (пп. 1–3); № 14, 15, 18. *Экспериментальное задание:* Используя прямоугольную проволочную рамку, наблюдайте изменение цвета мыльной плёнки на ней. Опишите наблюдаемые явления.

Урок № 3/35. Дифракция волн

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Дифракция волн на поверхности воды. § 20 (п. 1).

2. Дифракция света. § 20 (п. 2).
3. Опыт Юнга с двумя щелями. § 20 (п. 3).
4. Измерение длин волн света. § 20 (п. 3); № 1, 2, 4.
5. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Интерференция света».

Демонстрации:

Дифракция механических волн.

Дифракция света на нити.

Дифракция света на щели.

Материалы для домашнего задания: § 20 (пп. 1–3).

Урок № 4/36. Дифракционная решётка

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Дифракционная решётка. § 20 (п. 4); № 5, 6, 8, 9.

Демонстрации:

Получение спектра с помощью дифракционной решётки.

Материалы для домашнего задания: § 20; № 11–13, 17,

18. Подготовиться к лабораторной работе (с. 171–172).

Урок № 5/37. Лабораторная работа № 6 «Наблюдение интерференции и дифракции света»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лабораторная работа № 6 «Наблюдение интерференции и дифракции света».

2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Дифракция».

Материалы для домашнего задания: § 20; № 14–16. Подготовиться к лабораторной работе (с. 172–174).

Урок № 6/38. Лабораторная работа № 7 «Определение длины световой волны с помощью дифракционной решётки»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лабораторная работа № 7 «Определение длины световой волны с помощью дифракционной решётки».

Материалы для домашнего задания: § 20; № 19, 20. *Экспериментальное задание:* Осветите небольшой лоскут капроновой ткани с помощью лазерной указки. Получите дифракционную картину и с её помощью рассчитайте длину световой волны лазерного луча. Предварительно определите число нитей на 1 см длины.

Урок № 7/39. Дисперсия света

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Дисперсия света. § 21 (п. 1); № 1, 2.

2. Инфракрасное и ультрафиолетовое излучение. § 21 (п. 2); № 3, 4.

Демонстрации:

Разложение белого света в спектр.

Материалы для домашнего задания: § 21 (пп. 1, 2); № 10–12, 16.

Урок № 8/40. Поляризация света

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Поляризация света. § 21 (п. 3); № 5.

Демонстрации:

Поляризация механических волн.

Поляризация света.

Материалы для домашнего задания: § 21 (пп. 1–3); № 13, 14, 19. Задания типовой контрольной работы.

Урок № 9/41. Контрольная работа по теме «Оптика»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Контрольная работа «Волновая оптика».

Материалы для домашнего задания: Провести анализ решения заданий контрольной работы.

Глава VII. Элементы теории относительности (2 ч)

Урок № 1/42. Основные положения специальной теории относительности

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Постулаты специальной теории относительности. § 22 (п. 1); № 1, 2.

2. Относительность одновременности. § 22 (п. 2); № 3, 4.

3. Замедление времени в движущейся системе отсчёта. § 22 (п. 2).

Материалы для домашнего задания: § 22; № 5–12.

Урок № 2/43. Энергия тела. Энергия покоя

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Энергия тела. § 23 (п. 1); № 1, 2.

2. Отменяет ли теория относительности классическую механику? § 23 (п. 2).

3. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Элементы теории относительности».

Материалы для домашнего задания: § 23; № 6–11.

Глава VIII. Кванты и атомы (7 ч)

Урок № 1/44. Явление фотоэффекта

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Гипотеза Планка. § 24 (п. 2).
2. Явление фотоэффекта. § 24 (п. 3); № 1, 3.
3. Законы фотоэффекта. § 22 (п. 4); № 4.

Демонстрации:

Внешний фотоэффект.

Зависимость интенсивности внешнего фотоэффекта от величины светового потока и частоты.

Материалы для домашнего задания: § 24 (пп. 1–4).

Урок № 2/45. Теория фотоэффекта. Фотоны

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Теория фотоэффекта. § 24 (п. 5); № 6, 9, 10.
2. Фотоны. § 24 (п. 6); № 11, 12.
3. Применение фотоэффекта. § 24 (п. 7).

Демонстрации:

Законы внешнего фотоэффекта.

Материалы для домашнего задания: § 24; № 14–17, 20, 24, 28.

Урок № 3/46. Решение задач по теме «Фотоэффект. Фотоны»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Фотоэффект. Фотоны».
2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Фотоэффект. Фотоны».

Материалы для домашнего задания: § 24; № 18, 19, 22, 23, 26.

Урок № 4/47. Строение атома. Атомные спектры

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Опыт Резерфорда. § 25 (п. 1).
2. Планетарная модель атома. § 25 (п. 2); № 1, 2.
3. Теория атома Бора. § 25 (п. 3).
4. Спектры излучения и поглощения. § 25 (п. 4); № 3, 4.

Материалы для домашнего задания: § 25 (пп. 1–4); № 7–10.

Урок № 5/48. Энергетические уровни

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Энергетические уровни. § 25 (п. 5); № 5.

Материалы для домашнего задания: § 25 (пп. 1–5); № 11–13, 16. Подготовиться к лабораторной работе (с. 174).

Урок № 6/49. Лабораторная работа № 8 «Изучение спектра водорода по фотографии»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лабораторная работа № 8 «Изучение спектра водорода по фотографии».

Материалы для домашнего задания: § 25 (пп. 1–5); № 14, 17, 25.

Урок № 7/50. Лазеры

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Спонтанное и вынужденное излучение. § 25 (п. 6).

2. Лазеры. § 25 (п. 7).

3. Корпускулярно-волновой дуализм. § 25 (п. 8).

Демонстрации:

Лазеры.

Материалы для домашнего задания: § 25. *Экспериментальное задание:* Наблюдая через небольшой лоскуток капрона за светом, испускаемым различными лампами, определите, являются эти источники света лампами накаливания или нет. Необходимую информацию о спектрах излучения ламп накаливания, люминесцентных и светодиодных ламп найдите в Интернете.

Глава IX. Атомное ядро и элементарные частицы (9 ч)**Урок № 1/51. Строение атомного ядра**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Строение атомного ядра. § 26 (п. 1); № 1.

2. Ядерные силы. § 26 (п. 2).

Материалы для домашнего задания: § 26 (пп. 1, 2); № 14–18, 28, 29.

Урок № 2/52. Радиоактивность

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Открытие радиоактивности. § 26 (п. 3); № 2, 3.

2. Радиоактивные превращения. § 26 (п. 4); № 4–11.

Материалы для домашнего задания: § 26 (пп. 1–4); № 19–24, 30–33.

Урок № 3/53. Закон радиоактивного распада

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Закон радиоактивного распада. § 26 (п. 5); № 13, 25.

Материалы для домашнего задания: § 26; № 34–37.

Урок № 4/54. Ядерные реакции. Энергия связи атомных ядер

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Ядерные реакции. § 27 (п. 1); № 1, 6–8.

2. Энергия связи атомных ядер. § 27 (п. 2); № 2–4.

3. Реакции синтеза и деления ядер. § 27 (п. 3); № 5.

Материалы для домашнего задания: § 27 (пп. 1–3); № 9–13.

Урок № 5/55. Ядерная энергетика

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Ядерный реактор. § 27 (п. 4).
2. Ядерная энергетика. § 27 (п. 5); № 18, 19.

*Материалы для домашнего задания: § 27; № 20.***Урок № 6/56. Фундаментальные частицы и фундаментальные взаимодействия**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Адроны, лептоны и кварки. § 28 (п. 1).
2. Фундаментальные частицы и фундаментальные взаимодействия. § 28 (п. 2).

*Материалы для домашнего задания: § 28 (пп. 1, 2).***Урок № 7/57. Методы регистрации и исследования элементарных частиц**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Методы регистрации и исследования элементарных частиц. § 28 (п. 3).

*Материалы для домашнего задания: § 28. Подготовиться к лабораторной работе (с. 175–176).***Урок № 8/58. Лабораторная работа № 9 «Изучение треков заряженных частиц по фотографии»**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лабораторная работа «Изучение треков заряженных частиц по фотографии».

Материалы для домашнего задания: § 26–28. Задания типовой контрольной работы.

Урок № 9/59. Контрольная работа по теме «Квантовая физика»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Контрольная работа по теме «Квантовая физика».

Материалы для домашнего задания: Провести анализ решения заданий контрольной работы.

Глава X. Солнечная система (3 ч)

Урок № 1/60. Солнце

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Источник энергии Солнца. § 29 (п. 1); № 1.
2. Строение Солнца. § 29 (п. 2); № 2.

Материалы для домашнего задания: § 29; № 3–9.

Урок № 2/61. Планеты Солнечной системы

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Две группы больших планет. § 30 (п. 1).
2. Планеты земной группы. § 30 (п. 2); № 1–4.
3. Планеты-гиганты. § 30 (п. 3); № 5–7.

Материалы для домашнего задания: § 30 (пп. 1–3); № 8–11.

Урок № 3/62. Малые тела Солнечной системы

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Малые тела Солнечной системы. § 30 (п. 4).
 2. Происхождение Солнечной системы. § 30 (п. 5).
- Материалы для домашнего задания:* § 30; № 12, 13.

Глава XI. Звёзды и галактики (5 ч)**Урок № 1/63. Главная последовательность, красные гиганты и белые карлики**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Главная последовательность, красные гиганты и белые карлики. § 31 (п. 1); № 1, 2.
- Материалы для домашнего задания:* § 31 (п. 1); № 4, 5, 8–10.

Урок № 2/64. Эволюция звёзд

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Эволюция звёзд. § 31 (п. 2); № 3.
 2. Нейтронные звёзды, новые, сверхновые, чёрные дыры. § 31 (п. 3).
 3. Происхождение химических элементов. § 31 (п. 4).
- Материалы для домашнего задания:* § 31; № 6, 7, 11–14.

Урок № 3/65. Млечный Путь

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Млечный Путь. § 32 (п. 1); № 1, 2.

Материалы для домашнего задания: § 32 (п. 1); № 4–6, 9.**Урок № 4/66. Другие галактики**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Другие галактики. § 32 (п. 2); № 3.

Материалы для домашнего задания: § 32 (пп. 1, 2); № 7.**Урок № 5/67. Эволюция Вселенной**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Расширение Вселенной. § 32 (п. 3).

2. Большой взрыв. § 32 (п. 4).

3. Тёмная энергия и тёмная материя. § 32 (п. 5).

Материалы для домашнего задания: § 32; № 8, 11–14.**Резерв учебного времени 3 ч**

Примерное содержание уроков (углублённый уровень)

Глава I. Магнитное поле (10 ч)

Урок № 1/1. Магнитные взаимодействия. Магнитное поле

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Взаимодействие постоянных магнитов. § 1 (п. 1); № 1, 2.
2. Взаимодействие проводников с током. § 1 (п. 2); № 3–6.
3. Магнитные свойства вещества. § 1 (п. 3); № 7.
4. Магнитное поле. § 1 (п. 4); № 8, 9.

Демонстрации:

Взаимодействие магнитов.

Магнитные линии постоянных магнитов и кругового тока.

Взаимодействие проводников с токами.

Материалы для домашнего задания: § 1 (пп. 1–4); № 18–22. *Экспериментальное задание*¹⁾: Используя швейную иглу, маленькие кусочки пенопласта, постоянный магнит, плоскую батарейку, провод, широкий не металлический сосуд с водой, проведите опыт Эрстеда. Учтите, что провод необходимо подключить к источнику тока через резистор сопротивлением 1–2 Ом, рассчитанный на силу тока не менее 3 А.

Урок № 2/2. Правило буравчика

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Правило буравчика для витка или катушки с током. § 1 (п. 5); № 10, 11.

2. Правило буравчика для прямолинейного проводника с током. § 1 (п. 5); № 12–14.

1) За выполнение домашнего экспериментального задания можно поставить дополнительную отметку.

Материалы для домашнего задания: § 1 (пп. 1–5); № 23, 25, 26, 28. *Экспериментальное задание:* Проведите опыт Эрстеда (см. урок 1/1), сделайте схематический рисунок в тетради и укажите на нём направление тока в проводнике и направление линий магнитной индукции поля, создаваемого этим током.

Урок № 3/3. Принцип суперпозиций магнитных полей

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Правило суперпозиции. § 1 (п. 5); № 15–17.
2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Магнитные взаимодействия. Магнитное поле».

Материалы для домашнего задания: § 1; № 24, 27, 29.

Урок № 4/4. Закон Ампера

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Модуль вектора магнитной индукции. § 2 (п. 1); № 1, 2.
2. Закон Ампера. § 2 (п. 2); № 3, 4.
3. Правило левой руки. § 2 (п. 3); № 5–11.
4. Рамка с током в магнитном поле. § 2 (п. 4); № 12–15.

Демонстрации:

Вращение проводника с током в магнитном поле.

Действие магнитного поля на ток.

Материалы для домашнего задания: § 2; № 16, 17, 21, 23, 25, 32.

Урок № 5/5. Применение закона Ампера

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Исследование ключевой ситуации «Стержень на горизонтальных направляющих». § 3 (п. 1); № 1.

2. Исследование ключевой ситуации «Стержень на наклонных направляющих». § 3 (п. 2); № 3.

3. Исследование ключевой ситуации «Полный оборот стержня, подвешенного на проводах». § 3 (п. 3); № 5.

4. Исследование ключевой ситуации «Гибкий проводник с током вблизи полосового магнита». § 3 (п. 4); № 7.

Материалы для домашнего задания: § 3; № 2, 4, 6, 8, 12, 13.

Урок № 6/6. Решение задач по теме «Закон Ампера»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Закон Ампера».

2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Закон Ампера».

Материалы для домашнего задания: § 3; № 9, 10, 14. Подготовиться к лабораторной работе (с. 158–162).

Урок № 7/7. Лабораторная работа № 1 «Действие магнитного поля на проводник с током»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лабораторная работа¹⁾ № 1 «Действие магнитного поля на проводник с током». С. 162.

Материалы для домашнего задания: § 3; № 11, 15, 16.

Урок № 8/8. Сила Лоренца

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Модуль силы Лоренца. § 4 (п. 1); № 1–3.

1) Работу целесообразно выполнять в «Тетради для лабораторных работ» издательства «ВИНОМ. Лаборатория знаний».

2. Направление силы Лоренца. § 4 (п. 2); № 4, 5.

Демонстрации: Действие магнитного поля на светящееся пятно на экране осциллографа.

Материалы для домашнего задания: § 4 (пп. 1, 2); № 11–14, 17, 19.

Урок № 9/9. Исследование ключевой ситуации «Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Исследование ключевой ситуации «Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле». § 4 (п. 3); № 6–8.

2. Исследование ключевой ситуации «Фильтр скоростей». § 4 (п. 4); № 9, 10.

Материалы для домашнего задания: § 4; № 15, 16, 18, 21, 25, 26.

Урок № 10/10. Решение задач по теме «Сила Лоренца»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Сила Лоренца».

2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Сила Лоренца».

Материалы для домашнего задания: § 4; № 20, 22–24, 27.

Глава II. Электромагнитная индукция (14 ч)

Урок № 1/11. Явление электромагнитной индукции

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Опыты Фарадея. § 5 (п. 1); № 1–4.

2. Магнитный поток. § 5 (п. 2); № 5–8.

Демонстрации: Опыты Фарадея.

Материалы для домашнего задания: § 5 (пп. 1, 2); № 16–20, 22.

Урок № 2/12. Правило Ленца

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Правило Ленца. § 5 (п. 3); № 9–15.

Демонстрации: Опыт Ленца.

Материалы для домашнего задания: § 5; № 21, 24–26.

Урок № 3/13. Решение задач по теме «Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца».

2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца».

Материалы для домашнего задания: § 5; № 23, 27, 29.

Урок № 4/14. Закон электромагнитной индукции

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Причины возникновения индукционного тока. § 6 (п. 1); № 1–6.

2. Вихревое электрическое поле. § 6 (п. 1); № 7–12.

3. Закон электромагнитной индукции. § 6 (п. 2); № 13–16.

Демонстрации: Возникновение индукционного тока.

Материалы для домашнего задания: § 6 (пп. 1, 2); № 22–24, 27, 28, 32.

Урок № 5/15. Исследование ключевой ситуации «ЭДС индукции в проводнике, движущемся с постоянной скоростью»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Исследование ключевой ситуации «ЭДС индукции в проводнике, движущемся с постоянной скоростью». § 6 (п. 3); № 17–19.

Материалы для домашнего задания: § 6 (пп. 1–3); № 25, 26, 29, 34.

Урок № 6/16. Исследование ключевой ситуации «Движение проводника под действием силы тяжести и силы Ампера»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Движение проводника под действием силы тяжести и силы Ампера. § 6 (п. 4); № 20, 21.

Материалы для домашнего задания: § 6; № 30, 33, 35.

Урок № 7/17. Решение задач по теме «Закон электромагнитной индукции»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Закон электромагнитной индукции».

2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Закон электромагнитной индукции».

Материалы для домашнего задания: § 5, 6. Подготовиться к лабораторной работе (с. 163–164).

Урок № 8/18. Лабораторная работа № 2 «Исследование явления электромагнитной индукции. Конструирование трансформатора»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лабораторная работа № 2 «Исследование явления электромагнитной индукции. Конструирование трансформатора».

Материалы для домашнего задания: § 5, 6. Подготовиться к лабораторной работе (с. 164–165).

Урок № 9/19. Лабораторная работа № 3 «Исследование вихревого электрического поля»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лабораторная работа № 3 «Исследование вихревого электрического поля».

Материалы для домашнего задания: § 5, 6.

Урок № 10/20. Самоиндукция

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Явление самоиндукции. § 7 (п. 1); № 1–3.

2. Индуктивность. § 7 (п. 2); № 4–7.

Демонстрации: Явление самоиндукции.

Материалы для домашнего задания: § 7 (пп. 1, 2); № 10–12, 18, 19, 23.

Урок № 11/21. Энергия магнитного поля контура с током

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Энергия магнитного поля контура с током. § 7 (п. 3); № 8, 9.

Материалы для домашнего задания: § 7; № 16, 17, 20, 21, 24, 25.

Урок № 12/22. Решение задач по теме «Самоиндукция. Энергия магнитного поля контура с током»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Самоиндукция. Энергия магнитного поля контура с током».

2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Самоиндукция. Энергия магнитного поля контура с током».

Материалы для домашнего задания: § 7; № 13, 14, 22, 26, 27.

Урок № 13/23. Обобщающий урок по теме «Магнитное поле. Электромагнитная индукция»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Повторение основных ключевых ситуаций по теме «Магнитное поле. Электромагнитная индукция».

Материалы для домашнего задания: § 5–7. Задания типовой контрольной работы¹⁾.

1) Задания типовой контрольной работы содержатся в «Тетради для самостоятельных и контрольных работ» издательства «ВИНОМ. Лаборатория знаний».

Урок № 14/24. Контрольная работа № 1 по теме «Магнитное поле. Электромагнитная индукция»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Контрольная работа по теме «Магнитное поле. Электромагнитная индукция».

Материалы для домашнего задания: Провести анализ решения заданий контрольной работы.¹⁾

Глава III. Колебания (10 ч)

Урок № 1/25. Свободные механические колебания

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Условия существования свободных колебаний. § 8 (п. 1); № 1–3.

2. Основные характеристики колебаний. § 8 (п. 2); № 4–10.

3. Гармонические колебания. § 8 (п. 3); № 11–15, 20–23.

Демонстрации: Свободные механические колебания.

Материалы для домашнего задания: § 8 (пп. 1–3); № 16–19, 24, 25, 30, 31, 33, 35.

Урок № 2/26. Динамика механических колебаний: пружинный маятник

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Пружинный маятник. § 9 (п. 1); № 1–3.

¹⁾ Полезно, чтобы после контрольной работы ученики дома решили те задания своего варианта, которые они не сделали на контрольной работе. За выполнение такой работы можно поставить дополнительную отметку. Те ученики, которые полностью выполнили все задания контрольной работы, в качестве домашней работы могут составить и решить 1–3 задачи, похожие на задачи, предложенные в контрольной работе.

2. Вывод формулы для периода и частоты колебаний горизонтального пружинного маятника. § 9 (п. 1); № 4.

3. Вертикальный пружинный маятник. § 9 (п. 1); № 5–8.

Демонстрации: Измерение периода колебаний пружинного маятника.

Материалы для домашнего задания: § 9 (п. 1); № 20–22, 27, 28, 29.

Урок № 3/27. Динамика механических колебаний: математический маятник

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Математический маятник. § 9 (п. 2); № 9, 10.

2. Вывод формулы для периода и частоты колебаний математического маятника. § 9 (п. 2); № 11–14.

3. Соотношение между смещением, скоростью и ускорением тела при гармонических колебаниях. § 9 (п. 3); № 15–19.

Демонстрации: Измерение периода колебаний математического маятника.

Материалы для домашнего задания: § 9; № 23–25, 32, 33, 35. Подготовиться к лабораторной работе (с. 165–166).

Урок № 4/28. Лабораторная работа № 4 «Изучение колебаний пружинного маятника»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лабораторная работа № 4 «Изучение колебаний пружинного маятника».

Материалы для домашнего задания: § 8. § 9; № 26, 30, 31, 34.

Урок № 5/29. Решение задач по теме «Динамика механических колебаний»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Динамика механических колебаний».

2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Динамика механических колебаний».

Материалы для домашнего задания: § 8; № 32, 34, 37, 38. § 9; № 36.

Урок № 6/30. Энергия механических колебаний. Вынужденные колебания

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Превращения энергии при свободных гармонических колебаниях. § 10 (п. 1); № 1–5.

2. Вынужденные колебания, резонанс. § 10 (п. 2); № 6–8.

Демонстрации:

Вынужденные колебания.

Резонанс нитяных маятников.

Материалы для домашнего задания: § 10; № 9, 11, 12, 14–18.

Урок № 7/31. Колебательный контур

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Свободные электромагнитные колебания. § 11 (п. 1); № 1–7.

2. Вывод формулы для периода электромагнитных колебаний. § 11 (п. 2); № 8–12.

3. Аналогия между механическими и электромагнитными колебаниями. § 11 (п. 3); № 13.

4. Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс. § 11 (п. 4).

Демонстрации:

Наблюдение свободных электромагнитных колебаний с помощью осциллографа.

Материалы для домашнего задания: § 11; № 14, 15, 18, 19, 20, 22, 25, 28, 29.

Урок № 8/32. Переменный электрический ток

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Индукционный генератор электрического тока. § 12 (п. 1); № 1–4.

2. Действующие значения силы тока и напряжения. § 12 (п. 2); № 5–8.

Демонстрации:

Принцип действия генератора электрического тока.

Материалы для домашнего задания: § 12 (пп. 1, 2); № 22–24, 28–30.

Урок № 9/33. Конденсатор и катушка индуктивности в цепи переменного тока

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Конденсатор в цепи переменного тока. § 12 (п. 3); № 9–13.

2. Катушка индуктивности в цепи переменного тока. § 12 (п. 3); № 14–17.

Материалы для домашнего задания: § 12 (пп. 1–3); № 25, 31–34.

Урок № 10/34. Производство, передача и потребление электроэнергии

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Производство электроэнергии, передача и потребление электроэнергии. § 12 (п. 4); № 18, 19.
2. Трансформатор. § 12 (п. 4); № 20, 21.
3. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Переменный электрический ток».

Материалы для домашнего задания: § 12; № 26, 27, 35–39.

Глава IV. Волны (4 ч)**Урок № 1/35. Механические волны**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Механические волны. § 13 (п. 1).
2. Основные характеристики волны. § 13 (п. 1); № 1–6.

Демонстрации: Продольные и поперечные волны.

Материалы для домашнего задания: § 13 (п. 1); № 10, 11, 20.

Урок № 2/36. Звук

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Звук. § 13 (п. 2); № 7.

2. Высота и громкость звука. § 13 (п. 2); № 8, 9, 13, 15, 17, 18.

3. Ультразвук и инфразвук. § 13 (п. 2).

Демонстрации: Звуковые волны.

Материалы для домашнего задания: § 13; № 14, 16, 19, 21–24.

Урок № 3/37. Электромагнитные волны. Передача информации с помощью электромагнитных волн

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Предсказание и открытие электромагнитных волн. § 14 (п. 1).

2. Свойства электромагнитных волн. § 14 (п. 2); № 1–5.

3. Практическое применение электромагнитных излучений и шкала электромагнитных волн. § 14 (п. 3); № 6.

4. Изобретение радио. Принципы радиосвязи. § 15 (пп. 1, 2); № 1.

5. Передача и приём радиоволн. § 15 (пп. 3, 4); № 2–5.

6. Современные средства связи. § 15 (п. 5).

Материалы для домашнего задания: § 14; № 7–11. § 15; № 10, 12, 14, 17. Задания типовой контрольной работы.

Урок № 4/38. Контрольная работа № 2 по теме «Колебания и волны»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Контрольная работа по теме «Колебания и волны».

Материалы для домашнего задания: Провести анализ решения заданий контрольной работы.

Глава V. Геометрическая оптика (14 ч)**Урок № 1/39. Прямолинейное распространение света**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лучи света и точечный источник света. § 16 (п. 1); № 1.
2. Прямолинейное распространение света. Тень и полутень. § 16 (п. 2); № 2–6.

Демонстрации:

Точечные и протяжённые источники тока.

Прямолинейное распространение света.

Материалы для домашнего задания: § 16 (пп. 1, 2); № 41–43.**Урок № 2/40. Отражение света**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Законы отражения света. § 16 (п. 3); № 7–12.
2. Изображение в зеркале. § 16 (п. 3); № 13–17.

Демонстрации:

Отражение света.

Отражение в нескольких зеркалах.

Материалы для домашнего задания: § 16 (пп. 1–3); № 34–36, 44, 45. *Экспериментальное задание:* Используя плоские зеркала, получите с их помощью несколько изображений. Сколько изображений вам удалось получить? Под каким углом друг к другу располагались при этом зеркала? Сделайте в тетради построение изображений в таких зеркалах.**Урок № 3/41. Преломление света**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Преломление света. § 16 (п. 4); № 18–21, 25, 26, 29.

2. Полное внутреннее отражение. § 16 (п. 5); № 31–33.

Демонстрации:

Преломление света.

Полное внутреннее отражение.

Материалы для домашнего задания: § 16; № 22–24, 27, 28, 30, 46, 47, 49, 53.

Урок № 4/42. Решение задач по теме «Законы геометрической оптики»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Законы геометрической оптики».

2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Законы геометрической оптики».

Материалы для домашнего задания: § 16; № 37, 38, 40, 48, 50, 54, 56. Подготовиться к лабораторной работе (с. 170, 171).

Урок № 5/43. Лабораторная работа № 5 «Исследование преломления света на границах раздела «воздух — стекло» и «стекло — воздух»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лабораторная работа № 5 «Исследование преломления света на границах раздела «воздух — стекло» и «стекло — воздух».

Материалы для домашнего задания: § 16; № 51, 52, 55.

Урок № 6/44. Виды линз. Основные элементы линзы

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Виды линз. Основные элементы линзы. § 17 (п. 1); № 1.

2. Фокусы линз. § 17 (п. 2); № 2–6.*Демонстрации:*

Виды линз.

Преломление света в линзах.

Определение фокусного расстояния собирающей линзы.

*Материалы для домашнего задания: § 17 (пп. 1, 2).***Урок № 7/45. Изображения в линзах**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Изображения в линзах. § 17 (п. 3).

2. Построение изображений в линзах. § 17 (п. 4); № 7–11.

3. Увеличение линзы. § 17 (п. 5); № 12–16.

Демонстрации:

Получение изображений с помощью собирающей и рассеивающей линз.

Материалы для домашнего задания: § 17 (пп. 1–5); № 32–34, 43, 44, 49. Экспериментальное задание: Используя стеклянную пластинку, металлическую шайбу диаметром 7–9 мм с круглым отверстием, медицинский шприц и воду, изготовьте с их помощью «жидкую линзу». С помощью вазелина прикрепите шайбу к стеклу. Получите с помощью этой линзы чёткое изображение спирали лампы накаливания на белом экране. Предложите свои способы изготовления линз.**Урок № 8/46. Формула тонкой линзы**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Формула тонкой линзы. § 17 (п. 6); № 17–19.

2. Вывод формулы тонкой линзы. § 17 (п. 6); № 20–26.

Материалы для домашнего задания: § 17 (пп. 1–6); № 35–37, 47, 50.

№ 9/47. Ход произвольного луча и нахождение фокусов линзы

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Ход произвольного луча и нахождение фокусов линзы. § 17 (п. 7); № 27–29.

2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Линзы».

Материалы для домашнего задания: § 17 (пп. 1–7); № 38, 40, 45, 51.

№ 10/48. Решение задач по теме «Линзы. Построение изображений в линзах»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Изображение треугольника в линзе. § 17 (п. 8); № 30, 31.

2. Решение задач по теме «Линзы. Построение изображений в линзах».

Материалы для домашнего задания: § 17; № 39, 46, 52.

№ 11/49. Решение задач по теме «Линзы. Построение изображений в линзах»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Линзы. Построение изображений в линзах».

2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Линзы. Построение изображений в линзах».

Материалы для домашнего задания: § 17; № 41, 42, 53.

Урок № 12/50. Глаз и оптические приборы

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Глаз. § 18 (п. 1); № 1–3.
2. Оптические приборы. § 18 (п. 2); № 4–10.

Демонстрации:

Фотоаппарат, лупа, микроскоп, телескоп.

Материалы для домашнего задания: § 18; № 11, 12, 15, 16, 18, 20.**Урок № 13/51. Решение задач по теме «Глаз и оптические приборы»**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Глаз и оптические приборы».

Материалы для домашнего задания: § 18; № 13, 14, 17, 19, 21, 22.**Урок № 14/52. Обобщающий урок по теме «Геометрическая оптика»**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Повторение ключевых ситуаций по теме «Геометрическая оптика».

2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Геометрическая оптика».

Материалы для домашнего задания: § 17, 18. *Экспериментальное задание:* Изготовьте на свой выбор действующую модель перископа, телескопа, калейдоскопа. Какие законы геометрической оптики лежат в основе принципа их действия? Сделайте в тетради схему, поясняющую принцип работы выбранного вами устройства.

Глава VI. Волновая оптика (16 ч)**Урок № 1/53. Интерференция волн на поверхности воды**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Свет — частицы или волны? § 19 (п. 1).
2. Интерференция волн на поверхности воды. § 19 (п. 2); № 1–8.

Демонстрации:

Интерференция волн на поверхности воды.

Материалы для домашнего задания: § 19 (пп. 1, 2); № 13, 16, 17.**Урок № 2/54. Интерференция света**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Интерференция света. § 19 (п. 3); № 9, 10.

Демонстрации:

Бипризма Френеля.

Кольца Ньютона.

Интерференция в тонких плёнках.

Материалы для домашнего задания: § 19 (пп. 1–3); № 14, 15, 18–21.**Урок № 3/55. Решение задач по теме «Интерференция»**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Полосы равной толщины. § 19 (п. 3); № 11, 12.

Материалы для домашнего задания: § 19; № 22–24. *Экспериментальное задание:* Используя прямоугольную прово-

лочную рамку, наблюдайте изменение цвета мыльной плёнки на ней. Опишите наблюдаемые явления.

Урок № 4/56. Дифракция волн

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Дифракция волн на поверхности воды. § 20 (п. 1).
2. Дифракция света. § 20 (п. 2).
3. Опыт Юнга с двумя щелями. § 20 (п. 3).
4. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Интерференция света».

Демонстрации:

Дифракция механических волн.

Материалы для домашнего задания: § 20 (пп. 1–3).

Урок № 5/57. Измерение длин волн света

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Измерение длин волн света. § 20 (п. 3); № 1–4.

Демонстрации:

Дифракция света на нити.

Дифракция света на щели.

Материалы для домашнего задания: § 20 (пп. 1–3).

Урок № 6/58. Дифракционная решётка

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Дифракционная решётка. § 20 (п. 4); № 5–10.

Демонстрации:

Получение спектра с помощью дифракционной решётки.

Материалы для домашнего задания: § 20; № 11–13, 17, 18.

Урок № 7/59. Решение задач по теме «Дифракция»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Дифракция».
2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Дифракция».

Материалы для домашнего задания: § 20; № 14, 15, 19, 20, 23. Подготовиться к лабораторной работе (с. 171–172).

Урок № 8/60. Лабораторная работа № 6 «Наблюдение интерференции и дифракции света»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лабораторная работа № 6 «Наблюдение интерференции и дифракции света».

Материалы для домашнего задания: § 20; № 16, 21, 24. Подготовиться к лабораторной работе (с. 172–174).

Урок № 9/61. Лабораторная работа № 7 «Определение длины световой волны с помощью дифракционной решётки»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лабораторная работа № 7 «Определение длины световой волны с помощью дифракционной решётки».

Материалы для домашнего задания: § 20; № 22, 25. *Экспериментальное задание:* Осветите небольшой лоскут капроновой ткани с помощью лазерной указки. Получите дифракционную картину и с её помощью рассчитайте длину световой волны лазерного луча. Предварительно определите число нитей на 1 см длины.

Урок № 10/62. Дисперсия света

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Дисперсия света. § 21 (п. 1); № 1, 2.
2. Инфракрасное и ультрафиолетовое излучение. § 21 (п. 2); № 3, 4.

Демонстрации:

Разложение белого света в спектр.

Материалы для домашнего задания: § 21 (пп. 1, 2); № 10–12, 16.**Урок № 11/63. Поляризация света**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Поляризация света. § 21 (п. 3); № 5.

Демонстрации:

Поляризация механических волн.

Поляризация света.

Материалы для домашнего задания: § 21 (пп. 1–3); № 13, 14, 19.**Урок № 12/64. Соотношение между волновой и геометрической оптикой**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Соотношение между волновой и геометрической оптикой. § 21 (п. 4).

2. Принцип Гюйгенса — Френеля. § 21 (п. 4).

3. Объяснение законов отражения и преломления света с помощью волновой теории. § 21 (п. 4); № 6–9.

Материалы для домашнего задания: § 21; № 15, 17, 18, 21.

Урок № 13/65. Решение задач по теме «Поляризация и дисперсия»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Поляризация и дисперсия».
2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Поляризация и дисперсия».

*Материалы для домашнего задания: § 21; № 20, 22.***Урок № 14/66. Решение задач по теме «Волновая оптика»**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Волновая оптика».

*Материалы для домашнего задания: § 19–20. § 21; № 23.***Урок № 15/67. Обобщающий урок «Волновая оптика»**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Повторение ключевых ситуаций по теме «Геометрическая оптика».
2. Повторение ключевых ситуаций по теме «Волновая оптика».

*Материалы для домашнего задания: § 16–21. Задания типовой контрольной работы.***Урок № 16/68. Контрольная работа № 3 «Оптика»**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Контрольная работа «Оптика».

Материалы для домашнего задания: Провести анализ решения заданий контрольной работы.

Глава VII. Элементы теории относительности (3 ч)

Урок № 1/69. Основные положения специальной теории относительности

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Постулаты специальной теории относительности. § 22 (п. 1); № 1, 2.
2. Относительность одновременности. § 22 (п. 2); № 3, 4.
3. Замедление времени в движущейся системе отсчёта. § 22 (п. 2).
4. Пространство и время в специальной теории относительности. § 22 (п. 2).

Материалы для домашнего задания: § 22; № 5–12.

Урок № 2/70. Энергия тела. Энергия покоя

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Энергия тела. § 23 (п. 1); № 1–5.
2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Элементы теории относительности».

Материалы для домашнего задания: § 23; № 6–11.

Урок № 3/71. Решение задач по теме «Элементы теории относительности»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Элементы теории относительности».

2. Отменяет ли теория относительности классическую механику? § 23 (п. 2).

Материалы для домашнего задания: § 22, 23.

Глава VIII. Кванты и атомы (10 ч)

Урок № 1/72. Явление фотоэффекта

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Равновесное тепловое излучение абсолютно чёрного тела. § 24 (п. 1).

2. Гипотеза Планка. § 24 (п. 2).

3. Явление фотоэффекта. § 24 (п. 3); № 1–3.

4. Законы фотоэффекта. § 24 (п. 4); № 4.

Демонстрации:

Внешний фотоэффект.

Зависимость интенсивности внешнего фотоэффекта от величины светового потока и частоты.

Материалы для домашнего задания: § 24 (пп. 1–4).

Урок № 2/73. Теория фотоэффекта. Фотоны

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Теория фотоэффекта. § 24 (п. 5); № 6–10.

2. Фотоны. § 24 (п. 6); № 11–13.

Демонстрации:

Законы внешнего фотоэффекта.

Материалы для домашнего задания: § 24 (пп. 1–6); № 14–17, 25–27, 37.

Урок № 3/74. Применение фотоэффекта

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Применение фотоэффекта. § 24 (п. 7).
2. Решение задач по теме «Фотоэффект. Фотоны».

Демонстрации:

Законы внешнего фотоэффекта.

Материалы для домашнего задания: § 24; № 18–21, 28–30, 35, 36.**Урок № 4/75. Решение задач по теме «Фотоэффект. Фотоны»**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Фотоэффект. Фотоны».

Материалы для домашнего задания: § 24; № 22–24, 31, 34.**Урок № 5/76. Решение задач по теме «Фотоэффект. Фотоны»**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач «Фотоэффект. Фотоны».
2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Фотоэффект. Фотоны».

Материалы для домашнего задания: § 24; № 32, 33, 38–40.

Урок № 6/77. Строение атома. Атомные спектры

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Опыт Резерфорда. § 25 (п. 1).
2. Планетарная модель атома. § 25 (п. 2); № 1, 2.
3. Теория атома Бора. § 25 (п. 3).
4. Спектры излучения и поглощения. § 25 (п. 4); № 3, 4.

Материалы для домашнего задания: § 25 (пп. 1–4); № 7–10.

Урок № 7/78. Энергетические уровни

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Энергетические уровни. § 25 (п. 5); № 5, 6.

Материалы для домашнего задания: § 25 (пп. 1–5); № 11–13, 16. Подготовиться к лабораторной работе (с. 174).

Урок № 8/79. Лабораторная работа № 8 «Изучение спектра водорода по фотографии»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лабораторная работа № 8 «Изучение спектра водорода по фотографии».

Материалы для домашнего задания: § 25 (пп. 1–5); № 17, 18, 21, 22.

Урок № 9/80. Лазеры

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Спонтанное и вынужденное излучение. § 25 (п. 6).
2. Лазеры. § 25 (п. 7).
3. Корпускулярно-волновой дуализм. § 25 (п. 8).

Демонстрации:

Лазеры.

Материалы для домашнего задания: § 25; № 14, 19, 20, 23.**Урок № 10/81. Решение задач по теме «Строение атома. Атомные спектры»**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Строение атома. Атомные спектры».

2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Строение атома. Атомные спектры».

Материалы для домашнего задания: § 25. *Экспериментальное задание:* Наблюдая через небольшой лоскуток капрона за светом, испускаемым различными лампами, определите, являются эти источники света лампами накаливания или нет. Необходимую информацию о спектрах излучения ламп накаливания, люминесцентных и светодиодных ламп найдите в Интернете.

Глава IX. Атомное ядро и элементарные частицы (12 ч)**Урок № 1/82. Строение атомного ядра**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Строение атомного ядра. § 26 (п. 1); № 1.

2. Ядерные силы. § 26 (п. 2).

Материалы для домашнего задания: § 26 (пп. 1, 2); № 14–18, 28, 29, 40.

Урок № 2/83. Радиоактивность

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Открытие радиоактивности. § 26 (п. 3); № 2, 3.

2. Радиоактивные превращения. § 26 (п. 4); № 4–11.

Материалы для домашнего задания: § 26 (пп. 1–4); № 19–24, 30–33.

Урок № 3/84. Закон радиоактивного распада

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Закон радиоактивного распада. § 26 (п. 5); № 12, 13, 25.

Материалы для домашнего задания: § 26; № 34–37, 41.

Урок № 4/85. Решение задач по теме «Атомное ядро. Радиоактивность»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Решение задач по теме «Атомное ядро. Радиоактивность».

2. Кратковременная самостоятельная работа по теме «Атомное ядро. Радиоактивность».

Материалы для домашнего задания: § 26; № 38, 39, 42, 43.

Урок № 5/86. Ядерные реакции

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Ядерные реакции. § 27 (п. 1); № 1, 6–8.

Материалы для домашнего задания: § 27 (п. 1); № 9–11.**Урок № 6/87. Энергия связи атомных ядер**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Энергия связи атомных ядер. § 27 (п. 2); № 2–4.

2. Реакции синтеза и деления ядер. § 27 (п. 3); № 5.

Материалы для домашнего задания: § 27 (пп. 1–3); № 12–17, 23, 24.**Урок № 7/88. Ядерная энергетика**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Ядерный реактор. § 27 (п. 4).

2. Ядерная энергетика. § 27 (п. 5); № 18, 19.

Материалы для домашнего задания: § 27; № 20, 21.**Урок № 8/89. Фундаментальные частицы и фундаментальные взаимодействия**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Адроны, лептоны и кварки. § 28 (п. 1).

2. Фундаментальные частицы и фундаментальные взаимодействия. § 28 (п. 2).

Материалы для домашнего задания: § 28 (пп. 1, 2); № 1–3.

Урок № 9/90. Методы регистрации и исследования элементарных частиц

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Методы регистрации и исследования элементарных частиц. § 28 (п. 3).

Материалы для домашнего задания: § 28; № 4, 5. Подготовиться к лабораторной работе (с. 175–176).

Урок № 10/91. Лабораторная работа № 9 «Изучение треков заряженных частиц по фотографии»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Лабораторная работа «Изучение треков заряженных частиц по фотографии».

Материалы для домашнего задания: § 26–28.

Урок № 11/92. Обобщающий урок «Кванты и атомы. Атомное ядро и элементарные частицы»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Повторение ключевых ситуаций по темам «Кванты и атомы. Атомное ядро и элементарные частицы».

Материалы для домашнего задания: Задания типовой контрольной работы.

Урок № 12/93. Контрольная работа по теме «Квантовая физика»

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Контрольная работа по теме «Квантовая физика».

Материалы для домашнего задания: Провести анализ решения заданий контрольной работы.

Глава X. Солнечная система (3 ч)**Урок № 1/94. Солнце**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Источник энергии Солнца. § 29 (п. 1); № 1.
2. Строение Солнца. § 29 (п. 2); № 2.

Материалы для домашнего задания: § 29; № 3–9.

Урок № 2/95. Планеты Солнечной системы

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Две группы больших планет. § 30 (п. 1).
2. Планеты земной группы. § 30 (п. 2); № 1–4.
3. Планеты-гиганты. § 30 (п. 3); № 5–7.

Материалы для домашнего задания: § 30 (пп. 1–3); № 8–11.

Урок № 3/96. Малые тела Солнечной системы

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Малые тела Солнечной системы. § 30 (п. 4).
2. Происхождение Солнечной системы. § 30 (п. 5).

Материалы для домашнего задания: § 30; № 12, 13.

Глава XI. Звёзды и галактики (5 ч)**Урок № 1/97. Главная последовательность, красные гиганты и белые карлики**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Главная последовательность, красные гиганты и белые карлики. § 31 (п. 1); № 1, 2.

Материалы для домашнего задания: § 31 (п. 1); № 4, 5, 8–10.

Урок № 2/98. Эволюция звёзд

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Эволюция звёзд. § 31 (п. 2); № 3.
2. Нейтронные звёзды, новые, сверхновые, чёрные дыры. § 31 (п. 3).

3. Происхождение химических элементов. § 31 (п. 4).

Материалы для домашнего задания: § 31; № 6, 7, 11–17.

Урок № 3/99. Млечный Путь

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Млечный Путь. § 32 (п. 1); № 1, 2.

Материалы для домашнего задания: § 32 (п. 1); № 4–6, 9.**Урок № 4/100. Другие галактики**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Другие галактики. § 32 (п. 2); № 3.

Материалы для домашнего задания: § 32 (пп. 1, 2); № 7.**Урок № 5/101. Эволюция Вселенной**

Дата проведения _____

Содержание урока

1. Расширение Вселенной. § 32 (п. 3).

2. Большой взрыв. § 32 (п. 4).

3. Тёмная энергия и тёмная материя. § 32 (п. 5).

Материалы для домашнего задания: § 32; № 8, 11–14.**Физический практикум 15 ч****Итоговое повторение, подготовка к ЕГЭ 45 ч****Резерв учебного времени 14 ч**

ОБУЧЕНИЕ ФИЗИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ КЛЮЧЕВЫХ СИТУАЦИЙ

Ты мне рассказал — и я забыл.
Ты мне показал — и я запомнил.
Ты меня вовлёк — и я научился.
Конфуций (6-й век до нашей эры)

В нашем УМК по физике для 7—11-го классов мы предлагаем конкретную реализацию *учебно-исследовательской деятельности* учащихся в рамках *системно-деятельностного подхода* к обучению в соответствии с новым ФГОС, а именно **метод исследования ключевых ситуаций**.

Самый распространённый вид деятельности при изучении физики — *решение задач*¹⁾. Поэтому на всех экзаменах учащимся предлагают *задачи* (количественные и качественные).

Таким образом, *обучение решению задач является самой актуальной проблемой методики обучения физике*. Учащийся, не умеющий решать задачи, не сможет успешно сдать экзамены.

Традиционная методика обучения решению задач и причины её неэффективности

Традиционная методика обучения решению задач по физике состоит в том, что учитель показывает ученикам решения типовых задач по данной теме, а затем задаёт им подобные задачи для самостоятельного решения. При этом начинают по каждой теме с самых простых задач — «на подстановку», в которых нужно только подставить численные значения в формулу, взятую из учебника.

Такая методика кажется очень естественной и поэтому очень распространена, однако жизнь доказала её *неэффективность*: результаты ОГЭ и ЕГЭ показывают, что более или

¹⁾ Поскольку слово «задача» имеет очень широкий спектр значений, уточним: мы имеем в виду «стандартные» задачи школьного курса физики, каждая из которых состоит из условия и вопроса, обычно с одним правильным ответом — формульным, численным или словесным (например, в качественных задачах).

менее трудные задачи по физике могут решить всего несколько процентов *всех* учащихся (а не только те, кто решился сдать экзамены по физике).

Почему же традиционная методика обучения решению задач неэффективна?

Поскольку обучение решению задач по каждой теме начинают обычно с задач на подстановку (чтобы ученики заучили основные формулы), у учеников формируется иллюзия, будто для решения *любой* задачи надо найти «нужную формулу в учебнике» и подставить в неё заданные в условии задачи величины, чтобы найти значение искомой величины.

Ученики привыкают рассматривать формулы как шаблоны для подстановки численных значений, а не как запись *функциональной зависимости* одной физической величины от других.

Однако для решения более сложной задачи надо составить систему уравнений и решить её относительно искомой величины. В результате получается выражение искомой величины через заданные, а это *новая* формула, её в учебнике *нет*.

Пассивное восприятие информации учениками

Ты мне *рассказал* — и я *забыл*.

И действительно, если учитель рассказывает решение задачи, не оставляя следов решения на доске, ученикам от этого совсем нет пользы.

Ты мне *показал* — и я *запомнил*.

Если учитель *показал* решение на доске, ученики его могут *запомнить*, но использовать те же соображения в изменившейся ситуации при решении похожей задачи они не смогут.

Ты меня *вовлёл* — и я *научился!*

Чтобы научить человека *действовать* (а решение задач — это *действие!*), необходимо *вовлечь* его в это действие.

Для вовлечения в действие учеников всего класса нужна разработанная методика. Одной из возможных методик является *метод исследования ключевых ситуаций*, о котором рассказано ниже.

Монологическая форма

При традиционной методике ученик часто «ёжится» от вопроса учителя — не только потому, что может получить плохую оценку за неправильный ответ, но и потому, что такой ответ роняет его авторитет в глазах одноклассников.

А при деятельностном подходе к обучению ученики *отвечают* на вопросы, *задают* их, участвуют в *беседе*, *аргументируя* свою точку зрения, причём делают это *охотно*, без принуждения и *без страха получить плохую отметку*.

Простейшее действие ученика на уроке заключается в том, что он должен *сделать выбор* или *ответить на вопрос*. В идеале учитель должен спрашивать только тех учеников, которые хотят отвечать, поднимая руку. Остальных спрашивать не нужно — просто потому, что они не знают ответа, раз сами не изъявили желания отвечать. Сделать вывод о том, что ученик не знает ответа на поставленный вопрос, можно было, наверное, уже по тому, что он не поднял руку.

Чтобы ученики не боялись вопросов, сами задавали их и охотно отвечали, нужна атмосфера доброжелательного *обсуждения*, а не монолога учителя. А создание и поддержание такой атмосферы требует *времени*, которого на уроках физики *очень мало*.

К тому же, чтобы постоянно организовывать на уроке учебный диалог или обсуждение, нужны не только педагогический опыт и особенно тщательная подготовка к уроку, но и специально разработанная методика, представленная в учебниках и методических материалах.

Ученикам непонятно, почему учитель написал именно эти уравнения

Для решения более или менее трудной задачи по физике необходимо составить систему уравнений и решить её относительно искомой величины (величин).

Как известно, главная трудность состоит именно в *составлении системы уравнений*.

Если учитель, показывая решение задачи, «лихо» записывает на доске уравнения, то многим ученикам кажется, что он подобен фокуснику, ловко вынимающему кролика из пустой шляпы: ну почему учитель написал *именно эти* уравнения? Каким «чутьём» он выбрал их из сотен похожих формул в школьном учебнике?

Дефицит времени на уроке приводит к натаскиванию

Учитель может, конечно, объяснить подробно, почему для решения задачи он написал именно эти уравнения, а не какие-то другие. Для этого ему надо *проанализировать условие*

задачи: рассмотреть, какие явления происходят в ситуации, описанной в условии, какие законы и закономерности справедливы для этих явлений, как записать уравнения, выражающие эти законы и закономерности.

Однако в таком случае на разбор одной задачи (проходящий в виде *монолога*) потребуется не менее 15 минут, а если в разбор задачи включаются ученики и возникает дискуссия, то нужно примерно вдвое больше времени (причём чем активнее включаются ученики в этот разбор, тем больше времени он требует!).

Следовательно, на одном уроке можно подробно (с анализом условия) разобрать всего одну-две задачи. А ведь различных задач в школьном курсе — *тысячи!*

К тому же будущих учителей физики ещё и не всегда достаточно учат анализировать условие задачи — это вторая причина того, почему при показе решения задач нужные уравнения «волшебным» образом появляются на доске из-под руки учителя.

Итак, учитель оказывается перед выбором: провести «с чувством, с толком, с расстановкой» разбор одной-двух задач (лучше — *совместно* с учениками, но это потребует ещё большего времени) или «скороговоркой» сообщить ученикам готовые решения пяти—семи задач.

Жизнь заставляет учителя чаще сделать второй выбор. В результате ученики *запоминают* решения задач *вместе с условиями*, о чём говорит характерное выражение: «эту задачу я *знаю*», то есть *заучил* условие вместе с решением. Это, конечно, не обучение, а *натаскивание*.

Оно не гарантирует успешной сдачи экзамена. Предложенная на экзамене задача может быть по сути той, которую ученик заучил вместе с решением, но он не увидит этого сходства, потому что он пытается не *решить* задачу, а *вспомнить* заученное решение, которое слито с условием задачи «намертво».

Но у натаскивания есть недостаток и посерьёзнее неготовности к экзамену: из-за него физика как учебный предмет не учит мышлению, то есть лишается одной из главных своих целей.

Задача — инструмент контроля, а не обучения

Последняя (по списку, но не по важности) причина неэффективности традиционной методики обучения состоит в том, что стандартная задача — это инструмент, разработанный для *контроля*: проверка правильности решения задачи зани-

мает секунды, благодаря чему один учитель может проверять работы десятков учеников.

Что же проверяет задача как инструмент для контроля? Более или менее сложная задача (для решения которой надо составить систему уравнений) проверяет умение *исследовать*, потому что осознанное (а не заученное!) решение задачи требует исследования — того самого анализа условия, о котором было сказано выше. Поэтому умение решать задачи — это не самостоятельное умение, а побочный продукт более общего умения — умения *исследовать*. Невозможно научить школьников *решать* задачи (а не заучивать решения), не привив им навыки исследования!

Метод исследования ключевых ситуаций

«Золотое правило» решения задач

Первый шаг в формировании навыков исследования состоит в том, чтобы развеять ложное представление, что учитель находит решение задачи, руководствуясь непостижимым «чутьём».

Для этого надо *вовлечь* учеников в процесс решения задачи, построив его в форме *учебного диалога*, чтобы ученики *поняли* естественность и обоснованность каждого этапа решения, *участвуя* в нём.

Последовательность этих этапов мы назвали «золотым правилом» решения задач. Ниже предлагается его реализация в форме учебного диалога.

1. *Закройте поставленный в задаче вопрос* и предложите ученикам сосредоточиться на *ситуации*, описанной в условии задачи. Это — принципиально важный шаг: внимание учеников надо переключить с бесполезного поиска прямого ответа на вопрос задачи на плодотворное *исследование условия*.

2. Какие *явления* происходят в этой ситуации?

3. Какие *законы* и *закономерности* справедливы для этих явлений? (Например, выражение для силы трения, равенство ускорений тел, связанных нерастяжимой нитью и т. п.)

4. Как *записать* эти законы и закономерности в виде уравнений? Обратите внимание учеников на то, что в этих уравнениях можно использовать также величины, не упомянутые в условии задачи.

5. *Откройте вопрос задачи* и предложите ученикам решить полученную систему уравнений относительно *искомых* величин.

Ответы учеников *обсуждаются*, после чего правильные записываются на доске. Условие задачи должно оставаться всё время на доске или быть спроецированным на экран (интерактивную доску).

Если вы научите своих учеников самостоятельно следовать «золотому правилу» решения задач, это поможет им решить практически любую задачу школьного курса¹⁾. Систематическое применение этого правила естественно объясняет, с записи каких уравнений надо начинать решение задачи.

Однако применение только «золотого правила» решения задач не решает проблему обучения решению задач кардинально, потому что различных задач в школьном курсе физики тысячи, и просто невозможно тратить достаточное время на разбор каждой из них.

К счастью, действительно «различных» задач в школьном курсе физики не так уж много.

Ключевые ситуации

Если посмотреть на множество школьных задач по физике «с высоты птичьего полёта», то легко заметить, что сюжеты *тысяч* задач основаны всего на нескольких *десятках* ситуаций. Примеры таких ситуаций в механике: свободное падение тела, движение тела по наклонной плоскости, по окружности в горизонтальной или вертикальной плоскости.

Случайна ли такая группировка сюжетов задач вокруг небольшого числа ситуаций?

Нет, не случайна, потому что эти ситуации, которые мы называем *ключевыми*, — основной *источник* задач. Отличительная особенность ключевых ситуаций состоит в том, что в них *особенно хорошо проявляются основные законы физики*. Некоторые ключевые ситуации даже помогли открытию этих законов. Например, изучая свободное падение тел и движение тел по наклонной плоскости, Галилей установил основные закономерности равноускоренного движения, а изучая движение планет по орбитам, близким к круговым, Ньютон открыл закон всемирного тяготения.

¹⁾ Мы не рассматриваем здесь олимпиадные задачи, потому что некоторые из них требуют знания специальных, порой искусственных приёмов.

Поскольку различных ключевых ситуаций во много раз меньше, чем различных задач, изучению каждой из этих ситуаций можно посвятить достаточное время даже при огорчительно малом числе уроков физики.

Именно исследование ключевых ситуаций и сформирует у учеников исследовательские навыки. А эффективность такого исследования очень высока: ведь при исследовании *одной* ключевой ситуации естественным образом ставятся и решаются *десятки* задач. Причём это не сопровождается стрессом, а происходит само собой, как в увлекательной игре.

В нашем УМК тщательно подобраны ключевые ситуации ко всем разделам школьного курса физики. Многие параграфы учебников представляют собой канву сценариев уроков, посвящённых исследованию ключевых ситуаций.

Как исследовать ключевую ситуацию?

Исследование ключевой ситуации представляет собой развитие «золотого правила» решения задач. Главное отличие ситуации от задачи состоит в том, что в ситуации *нет уже поставленного вопроса*. Мы вместе с учениками *ставим* задачи по данной ситуации и *решаем* их (ставя при этом новые задачи!).

Исследование ключевой ситуации лучше всего проводить в форме учебного диалога.

1. Какие *явления* происходят в этой ситуации?
2. Какие *законы* и *закономерности* справедливы для этих явлений?
3. Как *записать* эти законы и закономерности в виде уравнений?
4. Какие *задачи* можно *поставить*, используя эту систему уравнений?
5. Как *решить* эти задачи?

Определяющими в методе ключевых ситуаций являются два последних этапа: *постановка* и *решение* задач. Именно они отличают *разбор задачи* от *исследования ситуации*. Поэтому остановимся на них подробнее.

Как и при использовании «золотого правила» решения задач, ответы учеников обсуждаются, после чего правильные записываются на доске. Сама ситуация должна быть тоже, конечно, всё время на виду у учеников.

Постановка задач с использованием записанной системы уравнений состоит в том, что среди величин, входящих в уравнения, выбираются «заданные» и «искомые». После та-

кого выбора поставленную задачу обязательно надо сформулировать вместе с вопросом.

Решение задачи (в общем виде) представляет собой в таком случае вывод формул, выражающих искомые величины через заданные.

Можно, конечно, решать поставленные задачи и не в общем виде, а «по действиям». Иногда это оказывается проще и даже поучительнее (мы находим «промежуточные» значения физических величин, что учит ребят относиться к этим значениям не как к абстрактным числам, а осознанно: например, подумать о том, реальны или нереальны полученные значения).

Особенно важно то, что в процессе постановки задач физические формулы превращаются из шаблонов для подстановки численных значений в запись функциональных зависимостей между физическими величинами, благодаря чему формулы становятся *источниками задач*, а не только инструментом их решения.

Использование метода исследования ключевых ситуаций позволяет на одном уроке разобрать не одну-две задачи, а поставить и решить *десятки задач*, причём в доброжелательной творческой атмосфере.

Исследование ключевой ситуации в форме *дискуссии* чрезвычайно полезно — не только потому, что это помогает глубже понять ситуацию и проявляющиеся в ней законы физики, но ещё и потому, что *диалог наиболее эффективно развивает мышление*.

Мы ведь рассуждаем, тоже ведя внутренний *диалог*: «тихо сам с собою я веду беседу». Л. С. Выготский показал, что внутренний диалог-размышление формируется в дошкольном возрасте в результате *общения* ребёнка со взрослыми и сверстниками, происходящего в форме *диалога*.

Обсуждение чрезвычайно важно для развития мышления и подростка, и взрослого. Так, создатель логики Аристотель обучался философии, *беседуя* со своим учителем Платоном во время прогулок по саду «Академия» (названному по имени его владельца Академа). Это были не монологи, а *беседы*! А сам Платон был учеником самого известного любителя диалогов — Сократа. Платон записал знаменитые «*Диалоги Сократа*», которые были и остаются прекрасной школой мышления.

Как превратить в исследование задачи «на подстановку»?

Задачи на подстановку, направленные на запоминание основных формул, тоже необходимы: формирование исследовательских навыков невозможно, если ученики не знают основных формул.

Однако и этим простейшим задачам нужно придать характер исследования. Записав любую новую формулу, напри-

мер $v = \frac{l}{t}$ или $I = \frac{U}{R}$, предложите ученикам посмотреть на неё как на *источник задач*: какие различные задачи можно поставить, используя эту формулу?

Предложите ученикам поставить такие задачи с *реальными* численными данными (это позволит ученикам освоиться в порядках величин и приучит оценивать реальность полученные результаты). Постановку задач желательно проводить с использованием групповых форм работы, описанных далее.

При «обкатке» каждой новой формулы обращайтесь внимание учеников прежде всего на *качественный* характер изменения одной физической величины при изменении другой (увеличивается или уменьшается).

Это не только часто проверяется сегодня в экзаменационных заданиях, но и очень важно для развития *физической интуиции*. Настоящее обучение — это не заучивание правил, а именно развитие интуиции. Человек, умеющий решать задачи, то есть обладающий развитыми *навыками исследования*, сразу «чувствует» характер зависимостей между параметрами, определяющими ситуацию, описанную в условии задачи.

Возможные формы организации учебно-исследовательской деятельности при использовании метода исследования ключевых ситуаций

Фронтальные формы работы

Учебный диалог вовлекает *весь класс* в исследование ключевой ситуации.

Например, можно предложить такие соревнования между рядами.

— Ученики какого ряда назовут больше законов или закономерностей, справедливых для данной ситуации?

— Ученик одного ряда предлагает записать одно из уравнений названных законов выбранному им ученику другого ряда (при этом допустима помощь других учеников из того же ряда).

— Ученики какого ряда поставят больше вопросов с помощью написанных уравнений?

— Ученики какого ряда быстрее найдут ответы на эти вопросы?

Групповые формы работы

Ученики объединяются в группы по три — пять человек.

1-й вариант: всем группам предлагается для исследования одна и та же ситуация и даётся около 20 минут на работу. По окончании работы один ученик из каждой группы кратко излагает результаты исследования. Выбор «докладчика» из членов группы можно произвести, например, по жребью: тогда ученики любой группы будут заинтересованы в том, чтобы каждый член их группы хорошо разобрался в ситуации, поэтому ученики будут помогать друг другу. Затем общим голосованием определяют группу, получившую наиболее полные результаты.

2-й вариант: каждой группе предлагается своя ситуация (по одной и той же теме). Дальнейшая работа происходит так же, как в первом варианте.

Самостоятельные работы с отметкой по желанию

Конечно, далеко не всё время урока должно уходить на обсуждения, даже очень полезные. Ученик должен подумать и *сам*, ставя и решая задачи. Удобнее всего организовывать такую деятельность в виде самостоятельных работ с *отметкой по желанию*.

Предложите ученикам исследовать некоторые ситуации самостоятельно. Важно, чтобы такая работа учащихся была *свободным исследованием*, а для этого необходимо, чтобы ученик не боялся делать ошибки. Учебно-исследовательская деятельность учащихся позволяет осуществить *дифференциацию обучения*: каждый ученик может «вспахивать» ситуацию на ту глубину, на какую он способен в данный момент (поэтому очень важно, что ситуация «открыта»: в ней нет уже поставленного вопроса).

В связи с этим отметим, что учебно-исследовательская деятельность учащихся (в том числе метод исследования ключевых ситуаций) требует изменения отношения учителя к *ошибкам* учеников. Ведь *человек учится только до тех пор, пока он ошибается*: когда он перестаёт ошибаться, он перестаёт и учиться, превратившись из ученика в *исполнителя*.

Предложите ученикам сдать результаты своих исследований, сказав, что отметку за работу вы будете переносить в журнал только при условии, что она устраивает ученика. Тогда эта самостоятельная работа будет именно *исследованием*, а значит, большим шагом вперёд для ученика. По результатам работ учеников вы сможете диагностировать, какие моменты усвоены ребятами лучше, а какие — хуже и требуют дополнительной работы.

Выставление в журнал отметок по желанию не мешает «насыщению» журнала отметками, а помогает ему. Поощрительных отметок будет в этом случае достаточно много, причём сразу станет видно, против фамилий каких учеников образовались пробелы из-за малого числа отметок.

Этих учеников надо не наказывать, а постараться *помочь* им. Например, хорошо, если во время самостоятельных работ с отметкой по желанию сильные ученики *помогают* другим ученикам, ходя по классу и вполголоса давая советы тем, у кого возникают проблемы. При этом важно объяснить «консультантам» или «помощникам» (предложите ребятам самим выбрать подходящее название), что они должны не *решать* задачу вместо того, кто нуждается в помощи, а *помочь ему найти решение*, «сдвинув с мёртвой точки».

Такая взаимопомощь учеников чрезвычайно полезна в нескольких отношениях.

Во-первых, она значительно улучшает атмосферу урока, наполняя его доброжелательной и заинтересованной работой *всех* учеников.

Во-вторых, она улучшает отношения между учениками: «любимчики» учителя *помогают* остальным, поэтому возможные зависть или неприязнь к ним сменяются благодарностью.

В-третьих, такая взаимопомощь решает в некоторой степени вопрос дифференциации обучения.

В-четвёртых, эта взаимопомощь помогает не только слабым, но и сильным ученикам: они учатся быстро входить в ситуацию, чётко и аргументированно излагать свои мысли, а самое главное — учатся *помогать*, то есть становятся лучше как *люди* (а воспитанию должно быть место на *всех* уроках).

И наконец, такая взаимопомощь резко повышает эффективность обучения и делает его комфортным.

Надеемся, что метод исследования ключевых ситуаций поможет вам в обучении ваших учеников физике, в частности — в обучении их решению задач.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Учебник построен так, что каждый его параграф является канвой сценария урока в соответствии с системно-деятельностным подходом к обучению. Поэтому многие методические рекомендации сосредоточены непосредственно в параграфах учебника. По этой причине ниже кратко изложены только основные цели изучения каждой темы, её особенности, а также характерные затруднения учащихся и возможные способы их преодоления.

Глава I. Магнитное поле

Цели изучения этой темы — во-первых, напомнить ученикам основные свойства магнитного поля и, во-вторых, научить использовать эти свойства для исследования ситуаций, постановки и решения задач.

Одна из особенностей данной темы состоит в том, что при её изучении активно используются все три измерения пространства: в правиле буравчика и правиле левой руки. Иногда правило буравчика заменяют эквивалентным «правилом правой руки» (называемым также «правилом обхвата правой рукой»). Мы не рекомендуем этого делать, потому что в таком случае ученикам трудно порой различить слишком похожие по названиям «правило левой руки» и «правило правой руки».

Определение направления тока или вектора магнитной индукции в соответствии с указанными выше правилами составляет обычно главное затруднение для учащихся в начале изучения данной темы, поэтому целесообразно уделить этому вопросу достаточное внимание при исследовании простых ситуаций, предложив ученикам не только решать, но и ставить соответствующие задачи.

Вопросом по данной теме, имеющим важное прикладное значение, является поворот рамки с током в магнитном поле, потому что он лежит в основе действия электроизмерительных приборов и электродвигателей. При рассмотрении этого вопроса желательно избежать сообщения ученикам информации «в готовом виде»: предложите им самим (возможно, с вашей помощью) определить, какие силы действуют со стороны магнитного поля на каждую сторону рамки, чтобы учащиеся поняли, чем обусловлен поворот рамки. Предложите также рассмотреть силы, действующие на стороны рамки в

положениях устойчивого и неустойчивого равновесия, и найти отличия (в положении устойчивого равновесия силы, действующие на стороны рамки, растягивают её, а в положении неустойчивого равновесия они сжимают рамку).

При изучении силы Лоренца надо обратить внимание учащихся на то, что по правилу левой руки находят направление силы, действующей на движущуюся положительно заряженную частицу. Чтобы это не прошло мимо внимания учащихся, предложите им исследовать движение электрона в магнитном поле.

Движение заряженной частицы по окружности в однородном магнитном поле — одна из основных ключевых ситуаций по данной теме. Исследование этой ситуации поможет ученикам активизировать знания по кинематике (равномерное движение по окружности) и динамике (второй закон Ньютона). Это очень важно, потому что неиспользуемые знания быстро забываются.

По этой причине предоставьте учащимся по возможности самостоятельно вывести выражение для радиуса окружности, по которой будет двигаться заряженная частица.

При изучении этой темы учащиеся могут открыть (наведите их на это открытие) интересный факт: период обращения частицы в магнитном поле не зависит от её скорости (если применима классическая механика, то есть если скорость частицы во много раз меньше скорости света).

Глава II. Электромагнитная индукция

При изучении этой темы особенно важно уделять внимание наглядности, поскольку (как и всегда) требуется прежде всего развить физическую интуицию учащихся, которые в повседневной жизни практически не встречались с явлениями, рассматриваемыми в данной теме.

Поставьте знаменитые опыты Фарадея, в которых он открыл явление электромагнитной индукции. При этом рассмотрите как движение магнита относительно неподвижной замкнутой катушки, так и движение катушки относительно неподвижного магнита.

Наведите учащихся на вывод о том, что для возникновения индукционного тока имеет значение *относительное* движение магнита и катушки. Желательно, чтобы учащиеся с помощью фронтального эксперимента сами сформулировали этот вывод (сделали открытие!), пусть даже с вашей помощью.

Затем продемонстрируйте возникновение индукционного тока в одной катушке при изменении силы тока в другой катушке, надетой на тот же сердечник. Обратите внимание на *отличие* этих опытов от предыдущих: теперь ничто не движется. При этом спросите учащихся: что общего заметили они во *всех* поставленных опытах?

Вряд ли они смогут быстро и чётко ответить на этот вопрос. Это затруднение поможет вам обосновать введение нового понятия — магнитного потока через замкнутый контур (в противном случае определение этой физической величины может показаться необоснованным).

Помогите учащимся прийти к выводу, что общая причина возникновения индукционного тока в замкнутом контуре — изменение магнитного потока через этот контур.

Не забывайте о наглядности: предложите учащимся внимательно рассмотреть рисунки в учебнике, поясняющие понятие магнитного потока. Воспользуйтесь хорошо знакомым учащимся значением слова «поток» в разговорной речи: например, можно рассмотреть аналогию с потоком дождя через кольцо — поворачивая кольцо, а также изменяя его размеры, можно изменять поток воды сквозь это кольцо.

Правило Ленца для определения направления индукционного тока — одно из наиболее трудных для понимания (то есть *применения!*) во всём школьном курсе физики. Поставьте сами опыты (при невозможности воспользуйтесь видеоматериалами), демонстрирующими это правило.

Помогите ученикам прийти к простой и важной мысли: направление индукционного тока всегда таково, что обусловленные этим током силы «мешают», «противятся» изменению, вызвавшему данный индукционный ток. После формулировки правила Ленца вернитесь снова к поставленным демонстрациям — уже для осознания этого правила.

Чтобы помочь формированию у учеников единой физической картины мира, важно обратить их внимание на то, что новое для них правило Ленца — следствие уже знакомого им закона сохранения энергии.

Действительно, если бы индукционный ток не препятствовал вызвавшей его причине, а способствовал ей, он усиливал бы её, в результате чего энергия возникала бы «ниоткуда». Не забудьте отметить, что когда Ленц открыл правило, названное его именем, закон сохранения энергии ещё не был открыт.

Рассматривая причины возникновения индукционного тока в проводнике, обратите внимание учащихся на то, что

возникновение такого тока в *покоящемся* проводнике требует введения нового понятия — *вихревого электрического поля*.

Вместе с учащимися изучите, что *общего* у этого поля с уже знакомым им электростатическим полем (оба эти поля действуют на электрические заряды) и чем они *различаются* (линии напряжённости электростатического поля начинаются и заканчиваются на электрических зарядах и не могут быть замкнутыми, а линии напряжённости вихревого электрического поля всегда замкнуты).

При изучении закона электромагнитной индукции обратите внимание на знак «минус» в формуле, выражающей этот закон, но не углубляйтесь в этот вопрос, потому что для корректного обоснования этого знака необходимо ввести понятие знака направления обхода контура и знака нормали к контуру, а это в школьном курсе не рассматривается. Достаточно сослаться на правило Ленца, согласно которому индукционный ток «тормозит» вызвавшие его изменения.

При решении задач целесообразно использовать уравнение закона электромагнитной индукции только для определения модуля ЭДС индукции, а направление индукционного тока определять с помощью правила Ленца. Такой подход требует многократного применения правила Ленца, что облегчит усвоение этого довольно трудного правила.

При решении некоторых задач полезно простое соотношение между зарядом, прошедшим в контуре, и изменением магнитного потока через этот контур. Помогите учащимся самим вывести это соотношение на простом примере проводящего кольца.

Изучение явления самоиндукции также полезно начать с демонстрации. Обратите внимание учащихся на то, что «инерционные» свойства катушки с током, следующие из правила Ленца, следуют из закона сохранения энергии, если допустить, что магнитное поле обладает *энергией*. Это — наиболее естественное введение понятия энергии магнитного поля.

Действительно, мгновенное изменение силы тока в катушке привело бы к мгновенному изменению значения энергии магнитного поля, а мгновенное изменение энергии требует бесконечно большого воздействия.

Полезно и поучительно обратить внимание учащихся на аналогию электромагнитных явлений с намного более наглядными механическими явлениями. Ведь хорошо знакомый учащимся закон инерции тоже, по существу, является следствием закона сохранения энергии: скорость тела невозможно изменить мгновенно, потому что для этого потребова-

лось бы развить бесконечную мощность. Такой подход поможет провести полезную аналогию между энергией магнитного поля в катушке и кинетической энергией.

Рассказывая об индуктивности, обратите внимание на то, что она (подобно электроёмкости конденсатора) характеризует саму катушку и определяется поэтому только размерами самой катушки и числом витков в ней.

Глава III. Колебания

При изучении механических колебаний прежде всего обратите внимание учащихся на *периодический* характер движения тела. Рассмотрите превращения энергии в механических колебаниях — из потенциальной в кинетическую и обратно.

Задайте вопрос: чем обусловлены колебания и каковы условия их существования?

При обсуждении этого вопроса наведите учащихся на мысль о том, что если тело вывести (не слишком сильно) из положения *устойчивого* равновесия, оно обязательно будет совершать свободные колебания: тело будет стремиться вернуться в положение устойчивого равновесия под действием приложенных к нему сил, но будет «проскакивать» по инерции положение равновесия, снова отклоняясь от него, причём этот процесс будет повторяться снова и снова.

Всё описанное желательно сопровождать простыми демонстрациями с помощью нитяного и пружинного маятников.

При изучении основных характеристик механических колебаний сопровождайте введение каждого понятия простыми заданиями на его усвоение. Желательно, чтобы эти задания учащиеся формулировали самостоятельно или с вашей помощью.

Изучение уравнения гармонических колебаний желательно не сводить к «жонглированию» тригонометрическими функциями — в таком случае этот важный раздел будет пройден чисто формально, а он является центральным в данной теме.

С этой целью предложите сравнить механические колебания с равномерным движением по окружности: это ещё раз подчеркнёт синусоидальный характер колебаний. Покажите описанную в учебнике демонстрацию или соответствующую видеодемонстрацию.

Предложите учащимся вывести соотношение между ускорением груза и его смещением от положения равновесия (для

горизонтального маятника), используя для этого закон Гука, второй закон Ньютона и понятие производной (второй производной).

Обратите внимание учащихся на то, что модуль ускорения *прямо пропорционален* модулю смещения, а проекция ускорения имеет знак, *противоположный* знаку проекции смещения: это главное свойство гармонических колебаний.

Помогите сделать простой вывод: свободные колебания являются гармоническими, если возвращающая сила *прямо пропорциональна* смещению от положения равновесия. В случае пружинного маятника эту пропорциональность «обеспечивает» закон Гука.

Вывод формулы для периода колебаний математического маятника можно давать только на углублённом уровне. Учащимся, изучающим физику на базовом уровне, достаточно уметь использовать при решении задач формулу для периода колебаний математического маятника и понимать главную его особенность: период колебаний не зависит от массы груза.

Поставьте вопрос: чем это обусловлено (наведите учащихся на мысль, что в данном случае возвращающая сила пропорциональна массе груза). Продемонстрируйте это свойство математического (точнее, нитяного) маятника на опыте.

Колебания груза, подвешенного на пружине, целесообразно рассматривать тоже только на углублённом уровне. При изучении физики на базовом уровне учащимся достаточно знания того факта, что период этих колебаний совпадает с периодом колебаний горизонтального пружинного маятника (с такой же пружиной).

Учащимся может быть интересно, как просто можно сконструировать самодельный секундомер: им может служить нитяной маятник с длиной нити 1 м. Только обратите внимание на то, что период колебаний такого маятника равен не 1 с, а 2 с, поэтому с интервалом 1 с маятник *проходит положение равновесия*.

При изучении соотношений между амплитудными значениями смещения, скорости и ускорения тела при гармонических колебаниях лучше всего начать тоже с демонстрации.

Пусть учащиеся сами заметят, что при увеличении частоты колебаний скорость тела при прохождении равновесия тоже увеличивается (при той же амплитуде!). Это качественное соотношение поможет учащимся *осознать* соответствующую формулу, а не просто запомнить её.

Особое внимание уделите *превращению энергии при свободных колебаниях*: эти превращения должны красной нитью проходить сквозь всю тему «Колебания» — как в случае механических колебаний, так и электромагнитных.

Изучение явления резонанса при вынужденных колебаниях тоже лучше всего начать с демонстраций: можно просто слегка подталкивать колеблющееся тело рукой.

Обратите внимание учащихся на то, что увеличение амплитуды колебаний происходит только в том случае, когда подталкивания происходят с *частотой, близкой к частоте свободных колебаний*, причём при каждом подталкивании сила, действующая со стороны руки, производит *положительную работу* — направление силы совпадает с направлением перемещения. По этой причине наиболее эффективны подталкивания в те моменты, когда тело проходит положение равновесия.

Для увеличения наглядности проведите аналогию со знакомым всем школьникам раскачиванием качелей: память детства подскажет учащимся, что лучше всего подталкивать качели в нужную сторону как раз при прохождении положения равновесия.

Предложите учащимся самим сделать вывод о том, что в таком случае колеблющейся системе при каждом подталкивании сообщается некоторая «порция энергии».

Описанный подход намного результативнее для *понимания* физической сущности явления резонанса, чем просто заучивание факта, что это явление наступает при частоте внешней силы, близкой к собственной частоте свободных колебаний или равной ей.

При изучении электромагнитных колебаний в колебательном контуре не начинайте с выписывания формул на доске — этим вы только закроете дорогу к *пониманию* учащимися физических процессов, происходящих при таких колебаниях.

Электромагнитные колебания труднее сопровождать демонстрациями, чем механические, из-за большой частоты электромагнитных колебаний.

Предложите поэтому внимательно рассмотреть рисунок в учебнике (рис. 11.1), на котором схематически изображены некоторые фазы половины периода одного колебания. При возможности спроектируйте этот рисунок на экран для общего обсуждения.

Предложите учащимся *объяснить* каждую из изображённых фаз: что при этом происходит, как изменяются при этом заряд конденсатора и сила тока в катушке индуктивности, чем обусловлена взаимосвязь этих изменений, как и почему

изменяются энергия электрического поля в конденсаторе и энергия магнитного поля в катушке.

Затем предложите самостоятельно изобразить подобным же образом фазы для второй половины периода колебаний.

При изучении физики на базовом уровне формулу Томсона для периода электромагнитных колебаний в контуре можно дать без вывода, но и в этом случае важно обратить внимание на *качественную* зависимость периода колебаний от индуктивности катушки и электроёмкости конденсатора: период пропорционален корню квадратному от каждой из этих величин. Это поможет при анализе ситуаций в условиях задач на данную тему.

Увеличить наглядность электромагнитных колебаний поможет аналогия между механическими и электромагнитными колебаниями. Подведите учащихся к выводу, что энергия электрического поля аналогична потенциальной энергии упругой деформации пружины, а энергия магнитного поля — кинетической энергии груза.

При изучении индукционного генератора электрического тока предложите учащимся самим доказать, что при равномерном вращении рамки (или магнита) сила индукционного тока в ней будет изменяться по синусоидальному закону. Наведите их на мысль, что для этого надо воспользоваться законом электромагнитной индукции и формулами дифференцирования тригонометрических функций.

Очень полезно для понимания физических процессов, происходящих при генерации, передаче и потреблении электроэнергии продемонстрировать действие динамомашин. Предложите желающим самим убедиться в том, что крутить ручку динамомашин существенно труднее, когда электрическая цепь замкнута (например, на лампочку).

Попросите учащихся объяснить причину этого «затруднения» — это поможет им вспомнить и правило Ленца, и закон сохранения энергии.

Рассматривая действующие значения силы тока и напряжения для переменного синусоидального тока, поясните, что они представляют собой значения силы тока и напряжения для постоянного тока, при котором в данном элементе цепи выделяется такая же мощность, как и для рассматриваемого переменного тока.

Рассмотрение вопросов о передаче и потреблении электроэнергии целесообразно начать с проблемного вопроса: с какой целью строят хорошо всем известные *высоковольтные* линии электропередач?

Дайте подсказку: предложите сравнить потери электроэнергии при передаче под низким и высоким напряжением и сделать вывод (при заданной мощности потребителя!).

Следующий вопрос для обсуждения: почему высокое напряжение нельзя вводить в жилые дома? Обсуждая ответ на этот вопрос, обратите внимание на то, что используемое сегодня во многоквартирных сетях напряжение может представлять опасность для жизни, если не выполнять правил безопасности. Хорошо, если эти правила сформулируют сами учащиеся!

Глава IV. Волны

Главное соотношение, которое используется в задачах по этой теме, — это соотношение между скоростью волны, длиной волны и частотой волны. Предложите учащимся самим поставить несколько задач с использованием этого соотношения — с правдоподобными численными данными. Благодаря этому учащиеся сами запомнят значение скорости звука в воздухе.

При изучении звуковых волн ненавязчиво обратите внимание учащихся на то, что увлечение рок-концертами и громкой музыкой в юном возрасте может привести к снижению слуха на всю жизнь.

При рассмотрении теории Максвелла на качественном уровне постарайтесь сформировать у учащихся представление о распространении электромагнитных волн как последовательности «порождений» переменного электрического поля переменным магнитным полем и затем переменного магнитного поля переменным электрическим.

Благодаря этому электромагнитная волна может удалиться от породивших её ускоренно движущихся электрических зарядов на огромные расстояния в миллионы и даже миллиарды световых лет — ведь только по этой причине мы можем наблюдать далёкие звёзды и даже галактики.

При рассмотрении распространения плоской электромагнитной волны обратите внимание учащихся на то, что в этом явлении «принимают участие» все три измерения пространства: по одному из них направлено электрическое поле, по другому — магнитное, а в третьем направлении распространяется волна.

Об основных принципах радиосвязи при изучении физики на базовом уровне можно рассказать в «обзорном» порядке. Для наглядности различные этапы передачи и приёма радиоволн сопровождаются в учебнике схемами и рисунками.

Предложите учащимся также схематически изобразить в своих тетрадах основные этапы передачи и приёма радиоволн, дав им названия.

Раздел «Передача и приём электромагнитных волн» при изучении физики на углублённом уровне можно предложить для самостоятельного изучения с последующим обсуждением в классе.

Глава V. Геометрическая оптика

С законами геометрической оптики учащиеся уже знакомы из курса физики основной школы. Поэтому на их прежние знания можно ссылаться при рассмотрении данной темы, но особенно полагаться на них не стоит, потому что за прошедшие годы учащиеся многое забыли.

Обсуждая закон отражения света и показывая соответствующие демонстрации, напомним учащимся, что означают угол падения и угол отражения: ученики иногда ошибочно считают, что это углы между лучом света и плоскостью, от которой отражается свет (это обусловлено тем, что в курсе геометрии так определяют угол между прямой и плоскостью).

Полезно, если учащиеся в своих тетрадах проведут несколько построений с обозначением углов падения и отражения.

Покажите на модели, как формируется отражённый пучок света (можно также предложить рассмотреть соответствующий рисунок в учебнике). Наведите учащихся на мысль, что когда в глаз человека попадают лучи, испущенные точечным источником света и отражённые от зеркала, то мозг человека мгновенно мысленно продолжает эти лучи до их пересечения, как бы *воображая*, что они действительно исходят из одной точки.

Объясните, что именно по этой причине такое изображение назвали «мнимым» (в русском языке слово «мнить» означало тогда «воображать»). С учётом современных значений слов мнимое изображение точнее было бы называть «воображаемым».

При изучении закона преломления света обратите внимание учащихся на то, что угол преломления может быть как меньше, так и больше угла падения. Оба этих случая важно сопроводить демонстрациями с помощью оптического диска.

Изучение темы «Полное внутреннее отражение» можно начать с проблемного вопроса: что будет происходить с лучом,

идушим из воды или стекла в воздух при увеличении угла падения? При этом угол преломления больше угла падения, но ведь не может угол преломления быть больше 90° ! При таком подходе учащиеся с большим интересом будут ожидать, что покажет опыт.

Предложите учащимся самостоятельно исследовать ход луча в треугольной призме и «открыть», что при этом возможно полное внутреннее отражение.

При рассмотрении хода луча сквозь плоскопараллельную пластинку при изучении физики на базовом уровне достаточно качественного рассмотрения: важно, чтобы учащиеся усвоили, что направление луча не изменяется и происходит только смещение луча. Расчёт величины смещения луча целесообразно проводить при изучении физики на углубленном уровне.

Изучение свойств линз важно постоянно сопровождать демонстрациями. Некоторые демонстрации можно использовать для постановки задач.

Рассматривая фокусы собирающей и рассеивающей линз, предложите учащимся самим найти *общее* (у каждой линзы — два фокуса на равных расстояниях от линзы) и *различия* (в фокусе собирающей линзы преломлённые лучи пересекаются, а в фокусе рассеивающей линзы пересекаются продолжения преломлённых лучей).

Построение изображений в линзах предварите указанием на то, что изображением *точечного* источника света является *точка*.

Отсюда следует, что все лучи, исходящие из одной точки, после преломления в линзе либо сами пересекаются в одной точке (тогда это действительное изображение источника света), либо в одной точке пересекаются продолжения преломлённых лучей (тогда это мнимое изображение источника света).

Отсюда уже следует, что для построения изображения точки достаточно построить ход всего двух *различных* лучей при прохождении сквозь линзу.

Предложите учащимся выбрать: какие два луча удобнее взять для построения изображения точки? Наведите их на выбор лучей, ход которых уже известен учащимся: это луч, проходящий через оптический центр линзы, и луч, идущий параллельно главной оптической оси линзы.

Рассмотрение характеристик изображения, даваемого собирающей линзой (действительное или мнимое; прямое или перевёрнутое; увеличенное, уменьшенное или в натуральную величину), желательно проводить для каждой «пары» от-

дельно: это легче и надёжнее для запоминания и применения при решении задач.

При таком подходе учащимся намного легче осознать следующие «водоразделы», отметив их на схеме (на доске или экране):

— изображение предмета действительное, если расстояние от линзы до предмета больше фокусного расстояния; изображение предмета мнимое, если расстояние от линзы до предмета меньше фокусного расстояния; если расстояние от линзы до предмета равно фокусному расстоянию, то изображения предмета в линзе нет;

— действительное изображение всегда перевёрнутое, а мнимое — всегда прямое;

— изображение предмета уменьшенное, если расстояние от линзы до предмета больше двойного фокусного расстояния; изображение предмета увеличенное, если расстояние от линзы до предмета меньше двойного фокусного расстояния; изображение в натуральную величину, если расстояние от линзы до предмета равно двойному фокусному расстоянию; если расстояние от линзы до предмета равно фокусному расстоянию, то изображения предмета в линзе нет.

Объединять перечисленное выше в одну схему (как часто делают) нецелесообразно: во-первых, такую схему трудно запомнить, поскольку в ней смешаны разнотипные свойства, во-вторых, она менее удобна для применения.

Рассматривая увеличение линзы, обратите внимание учащихся на то, что, несмотря на название «увеличение», значение этой величины может быть и меньше единицы. Подчеркните, что особенно большое увеличение собирающая линза даёт тогда, когда предмет расположен вблизи её фокуса (но не в самом фокусе!). Это свойство собирающей линзы используется в оптических приборах.

Вывод формулы тонкой линзы целесообразно давать только при изучении физики на углублённом уровне, используя при этом увеличение линзы. Этот вывод учащиеся смогут провести самостоятельно, выполнив ряд заданий в учебнике.

Обратите внимание на то, что формула тонкой линзы *одна и та же для всех возможных случаев*. Различия при её применении проявляются в том, что со знаком «минус» надо брать значение расстояния до мнимого изображения и фокусное расстояние рассеивающей линзы.

Тему «Глаз и оптические приборы» можно предложить учащимся для самостоятельного изучения. В классе можно

обсудить вопросы, возникшие при изучении этой темы, а также посвятить время решению задач по данной теме.

Глава VI. Волновая оптика

Изучение интерференции волн желательно начать с демонстрации или видеодемонстрации. При наблюдении интерференции волн от двух когерентных источников не торопитесь сами описывать интерференционную картину: намного полезнее будет, если вы предложите учащимся самим сформулировать, что они видят.

Обратите их внимание на интерференционные максимумы и минимумы и спросите: какие выводы можно сделать из самого факта их существования? Наведите учащихся на мысль, что эти максимумы и минимумы означают, что волны могут как *усиливать*, так и *ослаблять* одна другую.

Обратите внимание на то, что *устойчивая интерференционная картина* может наблюдаться только в случае сложения *когерентных* волн.

Поставьте учащимся вопрос: в каких точках наблюдаются интерференционные максимумы, а в каких — минимумы?

Наведите учащихся на мысль, что максимумы — это те точки пространства, в которые волны от двух источников приходят в *одинаковой фазе*: в таком случае они усиливают друг друга (максимум одной волны накладывается на максимум другой).

Интерференционные же минимумы будут наблюдаться в тех точках пространства, в которые волны от источников приходят в *противофазе*: в таком случае максимум одной волны накладывается на минимум другой.

Далее предложите найти *положения* интерференционных максимумов и минимумов.

Объясните, почему треугольник, с помощью которого находится соотношение между длиной волны и расстоянием между источниками волн, можно с хорошей точностью считать прямоугольным в случаях, когда расстояние до точки, в которой рассматривается интерференционный максимум или минимум, намного больше расстояния между источниками (здесь используется то, что углы при основании равнобедренного треугольника с малым углом при вершине близки к прямым углам: это следует из того, что сумма всех трёх углов треугольника равна 180°).

Изучению дифракции света также желательно предпо-
слать рассмотрение дифракции волн на поверхности воды.

Увеличивая ширину щели, через которую проходят волны от точечного источника, предложите учащимся сформулировать условия, при которых наблюдается дифракция волн.

Переходя к интерференции света, уделите особое внимание анализу опыта Юнга с двумя щелями.

Обратите внимание учащихся на самую удивительную черту света, которая проявилась впервые в этом опыте: в некоторых областях пространства свет, исходящий от одного источника света, *ослабляет или гасит* свет, исходящий от другого источника! Предложите учащимся самим сделать вывод из этого факта (он указывает на *волновую* природу света, потому что два потока частиц не могут «погасить» друг друга).

Подчеркните, что в опыте Юнга проявляется не только интерференция, но и дифракция света (поэтому этот опыт и рассматривается в разделе «Дифракция света»).

Заслуга Юнга состоит в том, что он догадался, как с помощью дифракции получить два когерентных источника света, разделив пучок света от *одного* источника. Это объяснит также учащимся, почему дифракционную решётку, с помощью которой изучают интерференцию света, называют «дифракционной»: дело в том, что просветы в решётке играют роль точечных источников света именно благодаря дифракции.

Получив на экране цветной спектр с помощью дифракционной решётки, предложите учащимся качественно объяснить основные закономерности этого спектра. Помогите им, но не рассказывайте всё сами: предоставьте ученикам возможность «открытий»! Попросите учащихся объяснить, почему в центре экрана наблюдается белая полоса и почему наибольшее отклонение наблюдается для красного цвета.

Поставьте вопрос: с какой целью в опытах с дифракционной решёткой используется собирающая линза? Наведите учащихся на мысль, что благодаря линзе интерференционную картину можно наблюдать не на далёком экране, а в фокальной плоскости линзы. При этом получается значительно более яркая интерференционная картина, поскольку интенсивность света не ослабляется.

Обратите внимание учеников на то, что в случае дифракционной решётки можно говорить только о положении главных максимумов, а о главных минимумах говорить нельзя, потому что вместо них есть множество побочных минимумов, рассредоточенных между каждой парой главных максимумов.

Изучение дисперсии света тоже лучше всего начать с демонстрации разложения белого света в спектр с помощью треугольной призмы. Спросите, чем отличается этот спектр

от спектра, полученного ранее с помощью дифракционной решётки (в случае преломления в призме наибольшее отклонение испытывает не красный, а фиолетовый цвет).

При изучении явления поляризации обратите внимание учащихся на то, что само это явление указывает, что электромагнитная волна (в том числе световая) является *поперечной*. Напомните при этом схему плоской электромагнитной волны.

Обратите внимание на широкое использование поляризованного света в современных технических устройствах (от жидкокристаллических дисплеев до лазерной техники).

При рассмотрении соотношения между волновой и геометрической оптикой обратите внимание учащихся на то, что волновая и геометрическая оптика изучают *один и тот же объект: свет*, но в различных условиях. Обсудите условие применимости законов геометрической оптики: они применимы в случаях, когда длина волны света намного меньше размеров препятствий.

Глава VII. Элементы теории относительности

При рассмотрении элементов специальной теории относительности предложите учащимся ответить на основе изученного материала на два ключевых вопроса: 1) чем отличается принцип относительности Эйнштейна от принципа относительности Галилея? 2) почему постоянство скорости света и её предельный характер противоречат принципу относительности Галилея?

Осознанные ответы на эти вопросы представляют собой ключ к пониманию учащимися, что специальная теория относительности — это не какая-то искусственно придуманная «безумная» теория, а теория нашего реального мира, устраняющая противоречие между опытом, указывающим на постоянство скорости света, и классической физикой, в рамках которой постоянство скорости света необъяснимо.

Обратить внимание учащихся на этот факт очень важно, потому что в дальнейшем они встретятся с элементами столь же «безумной» квантовой теории. В связи с этим уместно обратить внимание учащихся на то, что непривычность основных положений современной физики обусловлена тем, что она изучает явления, лежащие вне сферы непосредственного опыта. Поэтому объяснить их, сводя к уже известным явлениям, просто невозможно. К тому же надо учесть, что «здравый смысл» формируется именно на основе непосредственного опыта.

Одно из немногих следствий специальной теории относительности, которое можно объяснить на доступном для школьников уровне с использованием известной им математики, — это относительность одновременности двух событий. Поэтому на этом стоит остановиться подробнее.

Замедление времени в движущейся системе отсчёта многим учащимся кажется внутренне противоречивым. Однако на самом деле противоречия тут нет, потому что для сверки времени в двух системах отсчёта в каждой из них используются события, одновременные именно в данной системе отсчёта, а понятие одновременности является относительным. В связи с этим обратите внимание учащихся на то, что замедление времени *симметрично*. Например, на космическом корабле, который двигался бы относительно Земли со скоростью, равной $0,94c$, время текло бы примерно в 3 раза медленнее, чем на Земле. Но и на Земле время тоже текло бы примерно в 3 раза медленнее, чем на корабле!

Рассматривая выражение для полной энергии тела, покажите (без доказательства), как из него получается выражение для энергии покоя тела (знаменитая эйнштейновская формула $E = mc^2$), а также уже знакомое выражение для кинетической энергии.

Глава VIII. Кванты и атомы

Мнения различных учителей о трудности этого раздела школьного курса физики существенно расходятся.

Одни считают его сравнительно лёгким, обосновывая своё мнение тем, что в этом разделе значительно меньше расчётных задач, чем в предыдущих разделах, а решение расчётных задач составляет обычно трудности для учащихся.

Другие же, наоборот, считают этот раздел особенно трудным, потому что содержащийся в нём материал является не наглядным и, более того, противоречит представлениям, сформировавшимся у учащихся на основе непосредственного опыта. Например, очень трудно (это было трудно даже учёным-первооткрывателям!) представить себе частицу-волну, то есть объект, обладающий одновременно корпускулярными и волновыми свойствами — как фотон или электрон.

Отсюда следует, что нужен особый подход к изучению материала этого раздела, отличный от подхода, используемого при изучении предыдущих разделов курса физики. Мы предлагаем построить изучение этого раздела в научно-популярном стиле, развивая воображение учеников и пробуждая их любознательность.

Расскажите учащимся, что основные положения квантовой теории действительно настолько непривычны, что их не смогли принять даже некоторые учёные, сыгравшие ключевую роль в её создании (А. Эйнштейн, Э. Шрёдингер, М. Планк так и не согласились с тем, что фундаментальные законы природы носят вероятностный характер).

Объясните учащимся, что введение представления о кванте (Планк, Эйнштейн) было не досужим вымыслом учёных, далёких от реальности, а суровой *необходимостью*: только с использованием этого представления можно было понять, как вещество может находиться в тепловом равновесии с излучением (а это *опытный факт!*), а также объяснить обнаруженные на *опыте* законы фотоэффекта.

Предложенное Эйнштейном объяснение фотоэффекта оказалось неожиданным ответом природы на давно волновавший учёных вопрос: свет — это частицы или волны? Оказалось, что свет *одновременно* обладает как волновыми, так и корпускулярными свойствами!

Рассказывая о законах фотоэффекта, обратите особое внимание учащихся на второй и третий законы, потому что именно эти установленные на опыте закономерности нельзя объяснить с помощью волновой теории света (согласно которой энергия световой волны зависит только от её амплитуды и не зависит от частоты).

Уравнению Эйнштейна для фотоэффекта и следствиям этого уравнения уделите достаточное внимание, поскольку это уравнение — по существу, единственное во всём этом разделе школьного курса физики.

Обратите внимание учащихся на то, что уравнение Эйнштейна — источник трёх видов задач: на нахождение частоты падающего света, на нахождение работы выхода и на нахождение кинетической энергии (или скорости) фотоэлектрона.

Раздел «Применение фотоэффекта» можно предложить учащимся для самостоятельного изучения. Хорошо, если с помощью Интернета они найдут интересную и доступную дополнительную информацию.

Рассматривая опыт Резерфорда, в котором он открыл атомное ядро, обратите внимание учащихся на проникаемость учёного, который решил «на всякий случай» выяснить: могут ли альфа-частицы рассеиваться на большие углы? Именно эта способность выйти за рамки привычных представлений — наиболее характерная черта выдающихся учёных.

В то же время при изучении особенностей планетарной модели атома обратите внимание учащихся на то, что даже

такой нестандартно мыслящий учёный как Резерфорд прибег к классической модели для объяснения свойств атома.

Это демонстрирует, как неохотно отказываются учёные от уже привычных теорий и моделей: заставить их может только суровая необходимость, когда эти теории и модели оказываются в противоречии с новыми опытными данными.

Остановитесь на недостатках планетарной модели атома, которая на первый взгляд действительно кажется очень привлекательной.

При рассмотрении постулатов Бора обратите внимание учащихся на то, что теория Бора — это не «последнее слово науки», а всего лишь один из первых шагов к построению квантовой теории. Бор всё-таки пользовался классическим представлением об орбитах электронов при их движении вокруг ядра. Согласно современным же представлениям электроны в атоме ведут себя скорее подобно волнам, чем подобно частицам, поэтому представление о «траектории электрона» при его движении в атоме является некорректным.

Начиная изучение атомных спектров, можно заинтересовать учащихся следующим историческим фактом.

В середине 19-го века один философ доказывал, что познание природы человеком ограничено. В качестве примера он указывал на «очевидный» факт: невозможно никогда будет узнать, из чего состоят звёзды и Солнце, потому что это раскалённые небесные тела. И поэтому даже если когда-нибудь люди построят межпланетные летательные аппараты, они всё равно не смогут приблизиться к поверхности Солнца и звёзд настолько, чтобы взять образцы их вещества для химических проб.

И как раз в то время, когда упомянутый философ писал свои «пророческие» слова, учёные уже нашли способ, как определить химический состав звёзд и даже измерить температуру их поверхности! Речь идёт о *спектральном анализе*. А что это такое, мы сейчас и будем изучать.

При изучении спектров излучения и поглощения, обратите внимание учащихся на то, что они *одинаковы* для одного и того же химического элемента. Предложите учащимся самим сделать вывод из того факта, что атомы излучают и поглощают свет *с одним и тем же набором частот*. Это — важнейшее положение для формирования представления об энергетических уровнях атома.

Изложение темы «Лазеры» лучше всего начать с примеров использования лазеров: со многими из этих примеров учащиеся уже знакомы. Это придаст изучению темы актуальность.

Действие лазеров основано на ещё одном открытии Эйнштейна — на явлении индуцированного (вынужденного) излучения. Поразительно, что при кажущейся «отвлечённости» этого великого учёного, погружённого в тайны космоса и мироздания, сделанные им открытия имеют чрезвычайно широкое практическое применение, вследствие чего оказали огромное влияние не только на развитие науки и техники, но и на историю человеческой цивилизации («век атома» вырос из знаменитой формулы Эйнштейна, связывающей массу и энергию).

Вот прекрасный повод обратить внимание учащихся на практичность отвлечённых научных теорий, кажущихся на первый взгляд безумными!

Очень трудной для понимания темой является корпускулярно-волновой дуализм, то есть представление о том, что один и тот же объект одновременно обладает корпускулярными и волновыми свойствами. Впервые мысль о таком дуализме выразил А. Эйнштейн, построив теорию фотоэффекта. Развил эту мысль Луи де Бройль, предположив, что такая корпускулярно-волновая двойственность свойственна не только свету, а всем частицам.

Рассказывая о квантовой теории, подчеркните, что она не «зачеркнула» классическую физику, а установила пределы её применимости. Это необходимо для того, чтобы учащиеся поняли: только хорошее знание классической физики помогло учёным сделать свои поразительные открытия.

Глава IX. Атомное ядро и элементарные частицы

Изучение протонно-нейтронной модели атомного ядра можно начать с вопроса учащихся: могут ли, по их мнению, ядра *всех* атомов состоять *только* из протонов? Предложите выписать в два столбца атомные массы и электрические заряды ядер нескольких химических элементов из начала таблицы Менделеева.

Наведите учащихся на мысль, что если бы все ядра состояли только из протонов, то массы ядер были бы прямо пропорциональны их зарядам. Однако, например, масса ядра гелия (альфа-частицы) в 4 раза больше массы ядра водорода (протона), тогда как заряд ядра гелия всего в 2 раза больше заряда ядра атома водорода.

Изучая явление радиоактивности, обратите внимание учащихся на колоссальное энерговыделение, которым может сопровождаться это явление.

Например, крошечная крупинка радия массой всего 0,1 г (именно такую массу радия смогли добыть первоначально супруги Кюри) выделяет каждый час энергию, численно равную работе, которую нужно совершить, чтобы забросить футбольный мяч на 5-й этаж!

При рассмотрении опыта Резерфорда, в котором он установил, какие частицы вылетают из ядра при радиоактивном распаде, тоже можно использовать проблемный подход. Спросите: как на опыте можно определить электрический заряд вылетающих частиц? Это хороший повод вспомнить о силе Лоренца, действующей на движущиеся частицы со стороны магнитного поля.

После разъяснения правила смещения рассмотрите конкретные примеры его применения.

Обсуждая закон радиоактивного распада, обратите внимание на то, что число *ещё не распавшихся* ядер данного изотопа уменьшается *каждый раз* в 2 раза через *равные* промежутки времени. Спросите: во сколько раз уменьшится количество радиоактивных ядер через 2, 3, 4 промежутка времени, равные периоду полураспада. Надо преодолеть возможное заблуждение, состоящее в том, что если за время T распалась половина имеющихся радиоактивных атомов, то за следующий такой же промежуток времени распадутся все оставшиеся атомы. Можно даже пойти на «провокацию»: спросите, верно ли сформулированное выше утверждение, и если нет, то почему.

Приведя первые примеры ядерных реакций и записав уравнения этих реакций, предложите учащимся самим найти закономерности. Наведите их на мысль о сохранении суммарного массового и суммарного зарядового чисел.

Роль нейтронов в реакциях деления часто остаётся неосознанной учащимися. Поэтому поставьте вопрос: почему именно нейтроны оказались подходящими частицами для запуска ядерных реакций? Наведите на мысль, что все ядра заряжены одноимённо (положительно), а нейтрон не имеет ядерного заряда, и поэтому он беспрепятственно может проникнуть в атомное ядро и вызвать его деление.

Изучая ядерный реактор, обратите внимание учащихся на то, что он представляет собой поразительное сочетание простоты и сложности.

Простота состоит в том, что в результате работы ядерного реактора происходит простейшее превращение: вода превращается в сильно нагретый пар при высоком давлении, то есть с этой точки зрения ядерные реакции отличаются от хими-

ческих (сгорания топлива) только колоссальным значением «удельной теплоты сгорания». Струи пара вращают генераторы на атомной электростанции — в сущности, так же, как и на тепловых электростанциях. С этой точки зрения атомные электростанции отличаются от тепловых только топливом.

Сложность же ядерного реактора состоит в том, что для его нормальной работы необходимо создать и очень точно поддерживать условия осуществления *управляемой* ядерной реакции. С этой целью используют замедлители и поглотители нейтронов.

Раздел «Ядерная энергетика» можно предложить учащимся для самостоятельного изучения с последующим обсуждением.

Раздел «Мир элементарных частиц» поможет вам продемонстрировать учащимся, что физика продолжает развиваться. Расскажите, что в конце 19-го и даже в начале 20-го века некоторым физикам казалось, что физика как наука закончилась. Однако весь 20-й век был наполнен выдающимися физическими открытиями. Они не прекращаются и по сей день.

Рассказывая об открытии новых частиц и попытках учёных навести порядок в множестве новых частиц, упомяните высказывание Э. Ферми о том, что слово «элементарные» относится скорее не к частицам, а к нашим знаниям о них. Например, частицы, считавшиеся «истинно элементарными» (как, например, протон), состоят, как выяснилось, из ещё более «элементарных» частиц — кварков, которые удивительны прежде всего тем, что не наблюдаются в свободном состоянии.

Некоторую часть этого раздела можно по вашему усмотрению предложить учащимся для самостоятельного изучения, включая поиск более современной информации в Интернете.

УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПОВЫШЕННОЙ ТРУДНОСТИ

Глава I. Магнитное поле

§ 2. Закон Ампера

25. Обозначения:

F_A — модуль силы Ампера;

B — модуль магнитной индукции;

l — длина проводника;

S — площадь поперечного сечения проводника;

I — сила тока в проводнике;

U — напряжение на проводнике;

R — сопротивление проводника;

ρ — удельное сопротивление материала, из которого изготовлен проводник.

Максимальная сила Ампера действует на проводник, когда он перпендикулярен вектору магнитной индукции. В этом случае

$$F_A = BIl. \quad (1)$$

Согласно закону Ома

$$I = \frac{U}{R}. \quad (2)$$

Сопротивление проводника R можно выразить через удельное сопротивление металла ρ , длину проводника l и площадь его поперечного сечения S :

$$R = \rho \frac{l}{S}. \quad (3)$$

Используя уравнения (1–3), можно выразить F_A через величины, заданные в условии.

29. На одну из двух сторон рамки, перпендикулярных магнитным линиям, будет действовать сила Ампера, направленная вверх. Используя правило моментов относительно другой стороны рамки, перпендикулярной магнитным линиям, получаем, что та сторона рамки, на которую действует направленная вверх сила Ампера, начнёт приподниматься, если момент силы Ампера будет превышать момент силы тяжести относительно той стороны рамки, на которую действует сила Ампера, направленная вниз.

31. На каждый небольшой участок гибкого провода будет действовать сила Ампера, направленная перпендикулярно этому участку *наружу* контура, образованного проводом. В результате действия этих сил на участки провода он примет форму окружности.

33. На проводник действуют сила тяжести, сила Ампера и равнодействующая сил упругости *двух* пружин. Эти силы образуют прямоугольный треугольник, гипотенузой которого является упомянутая выше равнодействующая. Поэтому модуль равнодействующей можно найти с помощью теоремы Пифагора.

§ 3. Примеры применения закона Ампера

4. Обозначения:

N — модуль силы нормальной реакции, действующей на стержень со стороны рельсов;

F_A — модуль силы Ампера, действующей на стержень.

а) Чтобы определить направление тока в стержне, надо узнать, как направлена действующая на него сила Ампера.

Поскольку вектор магнитной индукции направлен *вертикально*, сила Ампера направлена *горизонтально*: либо в сторону рельсов, либо от рельсов. Поэтому удобно выбрать оси координат так, чтобы одна из них была направлена горизонтально: тогда знак проекции силы Ампера на эту ось укажет направление силы Ампера.

Направим ось x горизонтально вправо, а ось y вертикально вверх. Тогда, записав второй закон Ньютона в проекциях на ось x , получим:

$$N \sin \alpha + F_{Ax} - \mu N \cos \alpha = 0. \quad (1)$$

При записи этого уравнения мы воспользовались выражением для силы трения скольжения, а также тем, что по условию стержень скользит *вниз*: это позволяет определить направление силы трения скольжения.

Из уравнения (1) следует, что

$$F_{Ax} > 0, \text{ если } \mu > \operatorname{tg} \alpha,$$

$$F_{Ax} < 0, \text{ если } \mu < \operatorname{tg} \alpha.$$

Используя заданные в условии значения величин, находим знак проекции F_{Ax} . Если она оказалась положительной, то сила Ампера направлена вправо (от рельсов), а если отрицательной — то влево (в сторону рельсов).

Выяснив направление силы Ампера, находим с помощью правила левой руки направление тока в стержне.

б) Зная направление силы Ампера и силы трения скольжения, записываем второй закон Ньютона в проекциях на указанные выше оси координат. Полученная система уравнений позволяет выразить силу тока в стержне через величины, заданные в условии.

6. Обозначения:

q — начальный заряд конденсатора;

I — сила тока в стержне во время разрядки конденсатора.

а) Используя закон сохранения энергии в механике, можно выразить скорость стержня v_1 сразу после разрядки конденсатора через величины, заданные в условии.

б) Модуль действующей на стержень во время разрядки конденсатора силы Ампера:

$$F_A = BIl.$$

Импульс этой силы за время Δt разрядки конденсатора

$$p = BI\Delta t = Blq.$$

Из второго закона Ньютона в импульсной форме следует, что таково же выражение для импульса стержня сразу после разрядки конденсатора. Используя полученное выражение для v_1 и выражение для q через U и C , можно выразить U через величины, заданные в условии.

13. Направим ось x горизонтально вправо, а ось y — вертикально вверх. Сила Ампера перпендикулярна стержню и вектору магнитной индукции.

По условию ускорение стержня направлено вправо, откуда следует, что проекция силы Ампера на ось x *положительна*. Из чертежа видно, что в таком случае положительна и проекция силы Ампера на ось y . Это позволяет определить направление силы Ампера, а следовательно, и направление тока в стержне, используя правило левой руки.

В данном случае проекции силы Ампера на оси координат выражаются формулами

$$F_{Ax} = F \cos \alpha,$$

$$F_{Ay} = F \sin \alpha.$$

По условию вектор магнитной индукции перпендикулярен стержню, поэтому

$$F_A = BIl.$$

Используя написанные выше выражения для проекций силы Ампера, запишем второй закон Ньютона для стержня в проекциях на оси координат, учитывая выражение для силы трения и тот факт, что сила трения скольжения направлена противоположно скорости стержня. Мы получим систему двух уравнений, с помощью которых можно выразить ускорение стержня через заданные в условии величины.

14. а) Импульс стержня сразу после выключения тока равен импульсу силы Ампера. Импульс силы Ампера можно выразить через B , l и Q .

Кинетическую энергию стержня сразу после выключения тока можно выразить через импульс стержня и его массу.

б) Амплитуда колебаний — это модуль наибольшего смещения стержня из положения равновесия. При наибольшем смещении стержня из положения равновесия кинетическая энергия стержня равна нулю.

По условию трением можно пренебречь, поэтому, согласно закону сохранения энергии в механике, при максимальном смещении стержня из положения равновесия потенциальная энергия упругой деформации *обеих* пружин равна кинетической энергии стержня сразу после выключения тока. Это позволяет выразить модуль наибольшего смещения стержня, то есть амплитуду колебаний, через величины, заданные в условии.

15. См. указание к задаче 4.

§ 4. Сила Лоренца

25. Обозначения:

r — радиус окружности, по которой движется протон в магнитном поле;

l — ширина полосы, в которой создано магнитное поле;

α — угол поворота вектора скорости протона при движении внутри полосы;

B — модуль индукции магнитного поля в полосе;

U — ускоряющая разность потенциалов;

v — модуль скорости протона.

Модуль скорости протона v можно выразить через ускоряющую разность потенциалов U , заряд и массу протона.

Радиус r можно выразить через модуль скорости протона v , его массу и модуль магнитной индукции поля B .

Изобразим на чертеже центр O окружности радиуса r , по которой движется протон в магнитном поле. Радиусы, проведенные в точку A влёта протона в данную полосу и точку C

вылета из этой области, образуют угол, равный искомому углу α поворота вектора скорости протона при движении сквозь полосу. Из прямоугольного треугольника OAC получаем $\sin \alpha = \frac{l}{r}$.

27. Обозначения:

m — масса протона;

e — заряд протона (элементарный заряд);

v — модуль скорости протонов;

I — сила тока в пучке;

τ — заданный промежуток времени (1 с).

Количество теплоты Q , выделившейся за промежуток времени τ , равно суммарной кинетической энергии протонов, поглощённых пластиной за это время. Следовательно,

$$Q = n \frac{mv^2}{2}.$$

Число протонов, поглощённых пластиной за промежуток времени τ , выражается формулой

$$n = \frac{I\tau}{e}.$$

Скорость протонов v можно найти из условия, что в магнитном поле с заданным модулем магнитной индукции B они движутся по окружности заданного радиуса r .

Глава II. Электромагнитная индукция

§ 6. Закон электромагнитной индукции

34. ЭДС индукции на концах проводника выражается формулой

$$\mathcal{E}_i = Bvl.$$

Скорость проводника v связана с пройденным им путём L и ускорением a формулой

$$L = \frac{v^2}{2a}.$$

35. Согласно закону Ома для полной цепи

$$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R},$$

где R — полное сопротивление всей цепи, равное в данном случае удвоенному сопротивлению одной из перемычек.

Для нахождения ЭДС индукции в контуре можно воспользоваться либо законом электромагнитной индукции, либо рассматривать переключки как последовательно соединённые источники тока, ЭДС *каждого* из которых равен Bvl .

§ 7. Самоиндукция. Энергия магнитного поля

19. Обозначения:

L — индуктивность катушки;

Φ — магнитный поток, пронизывающий катушку;

Φ_1 — магнитный поток, пронизывающий один виток;

n — число витков в катушке;

I — сила тока в катушке.

Из определения индуктивности следует, что

$$L = \frac{\Phi}{I}. \quad (1)$$

При определении магнитного потока, пронизывающего катушку, надо учесть, что он пронизывает все её витки. По условию магнитные потоки, пронизывающие все витки катушки, одинаковы. Следовательно,

$$\Phi = n\Phi_1. \quad (2)$$

Согласно условию магнитное поле внутри катушки можно считать однородным, поэтому

$$\Phi_1 = BS. \quad (3)$$

Используя уравнения (1–3), можно выразить L через величины, заданные в условии.

24. Обозначения:

L — индуктивность катушки;

I — сила тока в цепи при замкнутом ключе;

C — электроёмкость конденсатора;

U — напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.

До тех пор, пока ключ был замкнут, конденсатор был заряжен и в катушке был ток.

Энергия магнитного поля в катушке выражается формулой

$$W_m = \frac{LI^2}{2}. \quad (1)$$

Энергия электрического поля в конденсаторе выражается формулой

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

Постоянный ток шёл только через катушку и лампу, поэтому сила тока согласно закону Ома для полной цепи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}. \quad (3)$$

Напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе

$$U = IR. \quad (4)$$

После размыкания цепи ток прекратился, и конденсатор разрядился. Согласно закону сохранения энергии количество теплоты, выделившееся в результате в лампе:

$$Q = W_{\text{э}} + W_{\text{м}}. \quad (5)$$

Используя уравнения (1–5), можно выразить Q через величины, заданные в условии.

25. См. указание к задаче 24.

26. См. указание к задаче 24. В данном случае начальная энергия электрического поля в конденсаторе равна нулю, потому что если сопротивлением катушки можно пренебречь, напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе равно нулю. Электроёмкость конденсатора является лишним данным.

Глава III. Колебания

§ 8. Свободные механические колебания

30. Поскольку начальная скорость шарика равна нулю, в начальный момент он находится в одном из крайних положений: его смещение по модулю равно амплитуде колебаний. Начиная с этого момента за каждую четверть периода шарик проходит путь, равный амплитуде колебаний. Следовательно, путь, в 5 раз больший амплитуды колебаний, шарик пройдёт за промежуток времени, равный $5/4$ периода колебаний.

35. Амплитуда колебаний равна 2 см. Из условия можно получить, что в искомый момент времени t смещение $x = 1$ см, следовательно,

$$\sin \frac{\pi t}{6} = \frac{1}{2}.$$

Искомый момент времени — наименьшее решение этого уравнения.

37. В начальный момент тело находится в положении равновесия, следовательно, зависимость смещения тела от времени выражается формулой

$$x = x_{\max} \sin \omega t. \quad (1)$$

В искомый момент времени

$$x = \frac{x_{\max}}{2}. \quad (2)$$

Из уравнений (1–2) следует, что ближайший к начальному моменту момент времени t удовлетворяет уравнению

$$\omega t = \frac{\pi}{6}. \quad (3)$$

Из условия можно вывести, что

$$T = 12 \text{ с}. \quad (4)$$

Используя уравнения (3, 4) и соотношение между циклической частотой и периодом колебаний, можно выразить t через величины, заданные в условии.

38. См. указания к задачам 35 и 37.

§ 9. Динамика механических колебаний

34. Обозначения:

m — масса груза;

a — ускорение пластины;

μ — коэффициент трения между грузом и пластиной;

ω — циклическая частота колебаний пластины.

а) Если груз *неподвижен* относительно горизонтально колеблющейся пластины, на него при колебаниях со стороны пластины действует сила трения *покоя*. При этом ускорение груза равно ускорению пластины. Поэтому согласно второму закону Ньютона

$$F_{\text{тр. пок}} = ma. \quad (1)$$

Сила трения покоя не превышает своего максимального значения, которое мы принимаем равным силе трения скольжения. Поскольку пластина горизонтальна и колеблется в горизонтальном направлении, сила нормальной реакции равна по модулю силе тяжести. Следовательно,

$$F_{\text{тр. пок}} \leq \mu mg. \quad (2)$$

Из уравнения (1) и неравенства (2) следует искомое неравенство для максимально возможного ускорения пластины, при котором груз покоится относительно пластины.

б) При гармонических колебаниях наибольшее значение модуля ускорения a_{\max} связано с амплитудой колебаний x_{\max} соотношением

$$a_{\max} = \omega^2 x_{\max}. \quad (3)$$

Используя уравнение (3), найденное значение a_{\max} и соотношение, связывающее циклическую частоту колебаний ω с известным периодом колебаний T , можно выразить x_{\max} через величины, заданные в условии.

35. Период колебаний данного маятника состоит из половины периода колебаний маятника с длиной нити l_1 и половины периода колебаний маятника с длиной нити $l_1 - l_2$.

36. Удобно воспользоваться выражениями для квадратов периодов колебаний рассматриваемых маятников.

§ 10. Энергия механических колебаний. Вынужденные колебания

17. Обозначения:

E — полная энергия маятника;

ω — циклическая частота колебаний маятника;

T — период колебаний маятника.

Выражения для потенциальной и кинетической энергии маятника можно записать в виде (см. задачу 3):

$$E_p = E \cos^2 \omega t, \quad (1)$$

$$E_k = E \sin^2 \omega t. \quad (2)$$

Из формул (1, 2) следует, что в ближайший к начальному состоянию момент времени t_1 , когда $E_p = E_k$, выполняется равенство

$$\cos \omega t_1 = \sin \omega t_1.$$

Отсюда получаем:

$$\omega t_1 = \frac{\pi}{4} \Rightarrow t_1 = \frac{\pi}{4\omega} \Rightarrow t_1 = \frac{T}{8}.$$

Итак, потенциальная энергия будет равна кинетической через $1/8$ периода.

18. Обозначим x_1 максимальную деформацию пружины после падения шарика на чашу весов. В начальный момент, а также в момент, когда чаша находится в самом низшем положении, шарик покоится, поэтому изменение его кинетической энергии равно нулю. Применяя к шарикау теорему об изменении кинетической энергии, получаем

$$mg(h + x_1) - \frac{kx_1^2}{2} = 0.$$

Колебания шарика, прилипшего к чаше, происходят около положения равновесия, соответствующего деформации пружины x_0 , которая определяется из условия равновесия шарика, покоящегося на чаше весов:

$$mg = kx_0.$$

Амплитуду колебаний x_{\max} находим из уравнения

$$x_{\max} = x_1 - x_0.$$

§ 11. Колебательный контур

30. Обозначим C_1 начальную электроёмкость конденсатора, C_2 — его конечную электроёмкость.

Используя формулу Томсона и данные из условия, можно составить систему двух уравнений для нахождения C_1 и C_2 .

Глава IV. Волны

§ 13. Механические волны. Звук

21. Начальная скорость пули v_0 и заданная в условии задачи высота h связаны соотношением

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}. \quad (1)$$

С другой стороны,

$$h = v_{\text{зв}} t. \quad (2)$$

Используя уравнения (1, 2), можно выразить v_0 через величины, заданные в условии.

22. Обозначения:

Δt — промежуток времени между моментами, когда наблюдатель услышал звуки.

Время распространения звука по стали

$$t_c = \frac{d}{v_c}. \quad (1)$$

Время распространения звука по воздуху

$$t_b = \frac{d}{v_b}. \quad (2)$$

Согласно условию

$$t_b - t_c = \Delta t. \quad (3)$$

Используя уравнения (1–3), можно выразить d через величины, заданные в условии.

23. Обозначения:

t — промежуток времени от начала падения камня до момента, когда был услышан звук от падения (6 с);

$v_{зв}$ — скорость звука в воздухе.

Глубина шахты h и время падения камня t_1 связаны соотношением

$$h = \frac{gt_1^2}{2}. \quad (1)$$

Промежуток времени t_2 между падением камня на дно шахты и моментом, когда звук был услышан, связан с глубиной шахты h и скоростью звука $v_{зв}$ уравнением

$$t_2 = \frac{h}{v_{зв}}. \quad (2)$$

Согласно условию,

$$t_1 + t_2 = t. \quad (3)$$

Используя уравнения (1–3), можно составить квадратное уравнение для нахождения \sqrt{h} . Найдя значение \sqrt{h} , можно найти значение h .

24. Обозначения:

$\Delta\lambda$ — разность значений длины волны в воде и воздухе.

При переходе из одной среды в другую частота волны ν не изменяется.

Скорость волны в воздухе, длина волны в воздухе и частота волны связаны соотношением

$$v_{возд} = \lambda_{возд} \nu. \quad (1)$$

Скорость волны в воде, длина волны в воде и частота волны связаны соотношением

$$v_{\text{вод}} = \lambda_{\text{вод}} \nu. \quad (2)$$

Согласно условию

$$\lambda_{\text{вод}} - \lambda_{\text{возд}} = \Delta\lambda. \quad (3)$$

Уравнения (1–3) представляют собой систему трёх уравнений с тремя неизвестными, одним из которых является искомая частота волны.

Глава V. Геометрическая оптика

§ 16. Законы геометрической оптики

12. Согласно условию вследствие отражения от зеркала луч, идущий от солнца под углом β к горизонту, стал идти вертикально вниз. С помощью геометрического построения можно убедиться, что при этом угол между падающим и отражённым лучами равен $90^\circ + \beta$. Это позволяет найти углы падения и отражения луча.

Рассматривая зеркало, отражённый от него луч и перпендикуляр к зеркалу, проведённый в точку падения луча, можно доказать, что искомый угол между плоскостью зеркала и горизонтом равен углу отражения.

26. Обозначения:

α — угол падения луча на пластинку;

γ — угол преломления луча при переходе из воздуха в пластинку.

в) Построив ход луча света в пластинке, находим, что искомое смещение луча d является катетом прямоугольного треугольника, гипотенуза которого равна пути l , пройденному лучом в пластинке, а прилежащий к катету угол равен $90^\circ - \alpha + \gamma$. Используя формулы приведения, получаем отсюда:

$$d = l \sin(\alpha - \gamma).$$

Путь l выражается формулой

$$l = \frac{h}{\cos \gamma}.$$

Угол преломления находим, используя закон преломления света.

Задачу удобнее решать не в общем виде, а подстановкой конкретных численных данных.

28. б) Построив согласно условию ход луча света в призме, находим, что угол преломления равен 30° . Из условия, что при прохождении сквозь призму луч повернулся на 60° , получаем, что при каждом из двух преломлений на гранях призмы луч повернулся на 30° . Отсюда с помощью геометрического построения можно доказать, что угол падения луча равен 60° .

43. Обозначения:

H — высота, на которой находится фонарь;

h — высота шеста;

d_1 — расстояние от фонарного столба до шеста в его первом положении;

d_2 — расстояние от фонарного столба до шеста в его втором положении;

l_1 — длина тени от шеста в его первом положении;

l_2 — длина тени от шеста в его втором положении.

Без ограничения общности можно считать, что фонарь и шесты в двух описанных в условии положениях находятся в одной плоскости. Обозначим O точку, в которой находится фонарь, A_1 и A_2 — вершины шеста в первом и втором положениях, B_1 и B_2 — концы отбрасываемых шестом теней в этих положениях.

Треугольники OA_1A_2 и OB_1B_2 подобны, поэтому отношение высот этих треугольников равно отношению их оснований. Отсюда следует, что

$$\frac{H - h}{H} = \frac{A_1A_2}{B_1B_2}. \quad (1)$$

Кроме того,

$$A_1A_2 = d_2 - d_1, \quad (2)$$

$$B_1B_2 = d_2 + l_2 - (d_1 + l_1). \quad (3)$$

Используя уравнения (1–3), можно выразить H через величины, заданные в условии.

51. Обозначения:

α — угол падения луча;

γ — угол преломления луча.

Построив ход падающего, отражённого и преломлённого лучей, находим, что в данном случае сумма углов падения и преломления равна 90° . Отсюда следует, что

$$\sin \gamma = \cos \alpha.$$

Используя это соотношение и закон преломления света, можно выразить показатель преломления жидкости через величины, заданные в условии.

54. Обозначения:

a — длина ребра куба;
 b — глубина, на которой находится нижняя грань куба;
 $\rho_{\text{К}}$ — плотность дерева, из которого изготовлен куб;
 $\rho_{\text{В}}$ — плотность воды;
 $n_{\text{В}}$ — показатель преломления воды;
 h_1 — расстояние от нижней точки тени до нижней грани куба.

а) Используя условия плавания тел, можно показать, что

$$\frac{b}{a} = \frac{\rho_{\text{К}}}{\rho_{\text{В}}}.$$

б) В пасмурный день источник света является всё небо, следовательно, лучи света падают на поверхность воды под всевозможными углами, то есть в том числе и под углами, очень близкими к 90° . Используя закон преломления света, находим для максимально возможного угла преломления света γ_{max} в воде (соответствующий углу падения 90°):

$$\sin \gamma_{\text{max}} = \frac{1}{n_2}.$$

Учитывая, что границу тени под кубом образуют лучи, которым соответствует угол преломления γ_{max} , получаем:

$$\frac{a}{2h_1} = \text{tg} \gamma_{\text{max}}.$$

Искомая глубина, на которой находится нижняя точка тени:

$$h = b + h_1.$$

в) Увидеть тень от куба нельзя, потому что лучи, выходящие из области тени, испытывают на поверхности воды полное внутреннее отражение.

56. При наименьшем возможном расстоянии от ступней водолаза до камня луч, идущий от камня в глаз водолазу,

испытывает полное внутреннее отражение, падая на поверхность воды снизу под углом α_0 , равным предельному углу полного внутреннего отражения.

Исходя из этого и используя геометрические построения, находим расстояние b от камня до перпендикуляра к поверхности воды, проведённого в точке, в которой произошло отражение луча света от поверхности воды.

Аналогично находим расстояние b_1 от подошв водолаза до того же перпендикуляра.

Искомое расстояние равно $b + b_1$.

§ 17. Линзы. Построение изображений в линзах

47. Обозначения:

F_1 — фокусное расстояние первой линзы;

F_2 — фокусное расстояние второй линзы;

d — расстояние от линзы до предмета;

f_1 — расстояние от линзы до изображения в первом опыте;

f_2 — расстояние от линзы до изображения во втором опыте.

В обоих опытах неизменным было расстояние d от предмета до линзы, а фокусные расстояния линз и расстояния *от линзы до экрана* были различными. Запишем формулу тонкой линзы для этих опытов:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_1}, \quad (1)$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2}. \quad (2)$$

Увеличение линзы Γ можно выразить через d и f :

$$\Gamma = \frac{f}{d}.$$

Используя эту формулу, получаем, что согласно условию

$$f_1 = \frac{d}{3}, \quad (3)$$

$$f_2 = 3d. \quad (4)$$

Используя уравнения (1–4), можно выразить F_2 через величины, заданные в условии.

48. Обозначения:

l_1 — расстояние от предмета до переднего фокуса линзы;

l_2 — расстояние от изображения до заднего фокуса линзы;

F — фокусное расстояние линзы.

О положении предмета и изображения в условии сказано только, на каком расстоянии *от фокусов линзы* они находятся. Поэтому прежде всего надо определить более точно расположение предмета и изображения, а также вид линзы (собирающая или рассеивающая).

По условию линза даёт изображение предмета *на экране*. Изображение на экране может быть только действительным, а действительное изображение даёт только *собирающая* линза.

Далее, собирающая линза даёт действительное изображение предмета при условии, что он находится на расстоянии от линзы, *большем* фокусного. Следовательно, расстояние от предмета до линзы можно записать в виде

$$d = F + l_1. \quad (1)$$

Рассмотрим теперь, где может находиться изображение предмета. Из формулы тонкой линзы

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad (2)$$

следует, что действительное изображение не может находиться от линзы на расстоянии, меньшем фокусного. Действительно, если $f < F$, то левая часть формулы (2) будет больше $1/F$, поэтому равенство левой и правой частей невозможно. Следовательно, расстояние от линзы до изображения можно записать в виде

$$f = F + l_2. \quad (3)$$

Подставляя формулы (1) и (3) в формулу тонкой линзы (2), получаем уравнение, с помощью которого можно выразить F через заданные в условии величины.

49. Изображение части стрелки от A до точки, совпадающей с фокусом линзы (исключая саму эту точку!), мнимое, прямое и расположено по ту же сторону линзы, что и стрелка. А изображение части стрелки от B до точки, совпадающей с фокусом линзы (исключая саму эту точку!), действительное, перевёрнутое и расположено по другую сторону линзы. Таким образом, изображение стрелки AB состоит из двух не связанных друг с другом частей.

50. Обозначения:

F — фокусное расстояние линзы;

d_1, d_2 — расстояния от линзы до источников света;

L — расстояние между источниками света.

Точка, в которой находятся изображения обоих источников, расположена между линзой и одним из источников. Следовательно, даваемое линзой изображение этого источника (назовём его для определённости первым) является мнимым, а изображение второго источника в этой же точке является действительным.

Обозначим x расстояние от линзы до точки, в которой находятся изображения *обоих* источников.

С учётом того, что изображение первого источника является мнимым, формулу тонкой линзы для источников и их изображений можно записать в виде

$$\frac{1}{d_1} - \frac{1}{x} = \frac{1}{F}, \quad (1)$$

$$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F}. \quad (2)$$

Кроме того,

$$d_1 + d_2 = L. \quad (3)$$

Сложив уравнения (1, 2), получим с учётом уравнения (3) два уравнения для двух неизвестных d_1 и d_2 .

51. Обозначим L одинаковое в обоих опытах расстояние от предмета до экрана (на котором получено действительное изображение предмета). Тогда расстояние d от линзы до предмета и расстояние f от линзы до изображения связаны соотношением

$$d + f = L.$$

Поэтому формулу тонкой линзы можно записать в виде

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{L - d} = \frac{1}{F}.$$

Это уравнение имеет два решения:

$$d_1 = \frac{L + \sqrt{L^2 - 4FL}}{2}, \quad (1)$$

$$d_2 = \frac{L - \sqrt{L^2 - 4FL}}{2}. \quad (2)$$

Этим решениям соответствуют

$$f_1 = \frac{L - \sqrt{L^2 - 4FL}}{2}, \quad (3)$$

$$f_2 = \frac{L + \sqrt{L^2 - 4FL}}{2}. \quad (4)$$

Рекомендуем обратить внимание на полезные при решении подобных задач соотношения:

$$f_1 = d_2, f_2 = d_1.$$

Это означает, что при неизменном расстоянии от предмета до экрана найденные значения f и d можно «поменять» местами, получив второе возможное положение линзы, при котором она даёт действительное изображение на экране.

Увеличение изображения выражается формулой

$$\Gamma = \frac{f}{d}.$$

По условию изображение в первом опыте было *уменьшенным*, откуда следует, что $f_1 < d_1$. Следовательно, выражения для d_1, f_1 соответствуют первому опыту, а выражения для d_2, f_2 — второму.

Согласно условию

$$\Gamma_2 = 4\Gamma_1,$$

откуда следует, что

$$\frac{f_2}{d_2} = 4 \frac{f_1}{d_1}. \quad (5)$$

Подставляя в уравнение (5) выражения (1–4), получаем линейное уравнение для нахождения F .

§ 18. Глаз и оптические приборы

15. Обозначения:

d_0 — расстояние наилучшего зрения;

f — расстояние от хрусталика до сетчатки;

$D_{\text{гл}}$ — оптическая сила глаза;

$D_{\text{оч}}$ — оптическая сила очков.

Формула тонкой линзы для случая, когда человек с помощью очков рассматривает предмет, расположенный на расстоянии наилучшего зрения, имеет вид:

$$\frac{1}{d_0} + \frac{1}{f} = D_{\text{гл}} + D_{\text{оч}}. \quad (1)$$

Когда человек рассматривает без очков мелкие предметы, находящиеся на искомом расстоянии x , формула тонкой линзы имеет вид:

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{f} = D_{\text{гл}}. \quad (2)$$

Вычитая уравнение (2) из уравнения (1), получаем уравнение, с помощью которого можно выразить x через величины, заданные в условии.

20. Обозначения:

d_1, d_2 — расстояния от линзы до предмета в первом и втором опытах;

f_1, f_2 — расстояния от линзы до изображения в первом и втором опытах;

H_1, H_2 — высота изображения предмета в первом и втором опытах;

h — высота предмета.

Запишем формулу тонкой линзы для двух опытов:

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}, \quad (1)$$

$$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F}. \quad (2)$$

Рассматривая ход луча, идущего через оптический центр объектива, получаем:

$$f_1 = \frac{H_1 d_1}{h}, \quad (3)$$

$$f_2 = \frac{H_2 d_2}{h}. \quad (4)$$

Подставляя выражения (3, 4) для f_1 и f_2 в уравнения (1, 2), получаем систему двух уравнений для двух неизвестных (F и h). Решая эту систему, можно выразить F через заданные в условии величины.

21. В данном случае можно считать, что изображение автомобиля находится в фокальной плоскости объектива, поскольку расстояние от объектива до автомобиля во много раз больше фокусного расстояния объектива.

Используя подобие треугольников, можно доказать, что скорость движения изображения $v_{\text{и}}$ во столько же раз меньше скорости автомобиля $v_{\text{а}}$, во сколько раз фокусное расстояние объектива F меньше расстояния до автомобиля d :

$$\frac{v_{\text{и}}}{v_{\text{а}}} = \frac{F}{d}. \quad (1)$$

Размытие контура изображения b за время экспозиции Δt выражается формулой

$$b = v_{\text{и}} \Delta t. \quad (2)$$

Используя уравнения (1, 2), можно выразить наименьшее время экспозиции Δt через величины, заданные в условии.

22. Из формулы тонкой линзы

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad (1)$$

следует, что если изображение является действительным, то $f > F$, то есть действительное изображение любого предмета находится *дальше* фокальной плоскости.

Рассмотрим светящуюся точку, находящуюся на главной оптической оси на расстоянии d от линзы. Все исходящие из этой точки лучи пересекаются в точке, находящейся на расстоянии f от линзы, то есть на расстоянии $f - F$ от её фокальной плоскости, в которой по условию находится плёнка.

Поэтому на фокальной плоскости исходящие из данной светящейся точки лучи после преломления в линзе будут образовывать светлое пятно. Обозначим r радиус этого пятна.

Точки пятна, находящиеся на расстоянии r от его центра, образованы лучами, прошедшими через точки объектива, находящиеся на расстоянии R от оптического центра, где R — радиус объектива.

Построив ход одного из таких лучей и используя подобие треугольников, получаем:

$$\frac{r}{R} = \frac{f - F}{f}. \quad (2)$$

С другой стороны, из формулы тонкой линзы получаем

$$d = \frac{Ff}{f - F}. \quad (3)$$

Перемножив формулы (2, 3), получим уравнение, с помощью которого можно выразить d через R , r и F .

Искомое наименьшее расстояние d соответствует наименьшему допустимому диаметру пятна r .

Глава VI. Волновая оптика

§ 19. Интерференция волн

12. Обозначения:

s — расстояние между соседними светлыми полосами;

a — сторона квадратной рамки;

λ — длина световой волны в воздухе (0,66 мкм);

$\lambda_{\text{вод}}$ — длина световой волны в воде;

n — показатель преломления воды;

$d_{\text{ниж}}$ — толщина плёнки у нижней стороны рамки;

$d_{\text{верх}}$ — толщина плёнки у верхней стороны рамки.

Используя те же соображения, что при решении задачи 11 (см. учебник), получаем:

$$\frac{s}{a} = \frac{\lambda_{\text{вод}}}{2(d_{\text{ниж}} - d_{\text{верх}})}. \quad (1)$$

Согласно условию, наблюдается 10 полос, откуда следует, что

$$a = 10s. \quad (2)$$

Длина световой волны в воде в n раз меньше длины волны в воздухе:

$$\lambda_{\text{вод}} = \frac{\lambda}{n}. \quad (3)$$

Используя уравнения (1–3), можно выразить $d_{\text{ниж}} - d_{\text{верх}}$ через величины, заданные в условии.

19. Обозначения:

D — расстояние между двумя ближайшими светлыми полосами, лежащими по разные стороны от центрального максимума (4,8 мм);

d — расстояние между источниками света;

L — расстояние от источников света до экрана;

λ — длина волны света.

Указанное в условии расстояние D (4,8 мм) — это расстояние между первыми интерференционными максимумами,

расположенными по разные стороны от центрального максимума. Следовательно, расстояние от центрального максимума до любого из первых максимумов равно $D/2$. Отсюда следует, что этот максимум наблюдается под углом φ_1 , для которого

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{D}{2L}. \quad (1)$$

Из условия интерференционных максимумов

$$d \sin \varphi_k = \lambda k$$

получаем для угла φ_1 , под которым наблюдается первый максимум ($k = 1$):

$$d \sin \varphi_1 = \lambda. \quad (2)$$

В данном случае расстояние от источников до экрана во много раз больше расстояния между источниками, поэтому углы, под которыми наблюдаются интерференционные максимумы, малы. В таком случае синусы и тангенсы углов можно заменять самими углами, измеренными в радианной мере. Поэтому уравнение (1) можно записать в виде

$$\varphi_1 = \frac{D}{2L}, \quad (3)$$

а уравнение (2) — в виде

$$d \varphi_1 = \lambda. \quad (4)$$

Используя уравнения (3, 4), можно выразить λ через величины, заданные в условии.

20. См. указание к задаче 19.

22. См. разбор задачи 11 в учебнике.

23. См. разбор задачи 12 выше.

§ 20. Дифракция волн

23. Обозначения:

φ_1 — угол, под которым наблюдается первый интерференционный максимум;

λ — длина волны света;

d — период дифракционной решётки.

а) Расстояние h от центрального интерференционного максимума до максимума первого порядка выражается формулой

$$h = F \operatorname{tg} \varphi_1. \quad (1)$$

Для угла φ_1 , под которым наблюдается первый максимум ($k = 1$), справедливо соотношение

$$d \sin \varphi_1 = \lambda. \quad (2)$$

Из уравнения (2) можно найти φ_1 , а подставив найденное значение в уравнение (1), можно выразить h через величины, заданные в условии.

б) Искомая ширина спектра равна разности расстояний интерференционных максимумов первого порядка для заданных длин волн.

25. Если на дифракционную решётку падает монохроматический свет с определённой длиной волны, то интерференционные максимумы имеют форму очень узких полос.

Если же на решётку падает пучок света, длины волн которого находятся в интервале от λ_1 до λ_2 , то интерференционные максимумы расширяются. Например, полоса, соответствующая k -му интерференционному максимуму, ограничена теперь углами от φ_1 до φ_2 , удовлетворяющими уравнениям

$$\sin \varphi_1 = k \frac{\lambda_1}{d}, \quad (1)$$

$$\sin \varphi_2 = k \frac{\lambda_2}{d}. \quad (2)$$

Из уравнений (1, 2) следует, что полоса, соответствующая максимуму k -го порядка, перекрывается с полосой, соответствующей максимуму $(k + 1)$ -го порядка, если будет выполнено неравенство

$$(k + 1)\lambda_1 \geq k\lambda_2. \quad (3)$$

Используя это неравенство и заданные в условии значения λ_1 и λ_2 , можно определить, для какого *наименьшего* значения k выполняется это неравенство в данном случае.

Теперь надо выяснить, будут ли в данном спектре наблюдаться максимумы, порядок которых превышает найденное наименьшее значение k .

Наибольший порядок наблюдаемого интерференционного максимума можно найти из уравнения

$$\sin \varphi = k \frac{\lambda}{d}, \quad (4)$$

учитывая, что значения синуса не превышают 1.

Используя уравнение (4) и заданные в условии значения d и λ , можно определить наибольший порядок наблюдаемых максимумов.

В данном случае он оказывается меньше, чем минимальное значение k , удовлетворяющее неравенству (3). Поэтому интерференционные максимумы перекрываться не будут.

Глава VIII. Кванты и атомы

§ 24. Фотоэффект. Фотон

37. Уравнение Эйнштейна

$$h\nu = A_{\text{выл}} + E_{k \text{ max}}. \quad (1)$$

Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов связана с задерживающим напряжением соотношением

$$E_{k \text{ max}} = eU. \quad (2)$$

Из уравнений (1, 2) следует, что

$$h\nu = A_{\text{выл}} + eU_3. \quad (3)$$

Используя уравнение (3), можно выразить искомое изменение частоты падающего света.

38. Фототок будет продолжаться до тех пор, пока напряжение на конденсаторе станет равным задерживающему напряжению U_3 .

При этом заряд конденсатора будет выражаться формулой

$$q = CU_3. \quad (1)$$

Уравнение Эйнштейна

$$h\nu = A_{\text{выл}} + E_{k \text{ max}}. \quad (2)$$

Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов связана с задерживающим напряжением соотношением

$$E_{k \text{ max}} = eU. \quad (3)$$

Из уравнений (2, 3) следует, что

$$h\nu = A_{\text{выл}} + eU_3. \quad (4)$$

Используя уравнения (1, 4), можно выразить q через справочные данные и величины, заданные в условии.

40. Из второго закона Ньютона в импульсной форме следует, что сила давления света на поверхность выражается через

передаваемый светом поверхности импульс Δp за промежуток времени Δt формулой

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}.$$

Если поверхность полностью отражает свет, то передаваемый светом импульс связан с импульсом всех фотонов p падающего света соотношением

$$\Delta p = 2p.$$

Если же поверхность полностью поглощает свет, то передаваемый светом импульс связан с импульсом всех фотонов p падающего света соотношением

$$\Delta p = p.$$

Импульс одного фотона p_1 связан с его энергией E_1 соотношением

$$p_1 = \frac{E_1}{c}.$$

Следовательно, суммарный импульс p всех фотонов связан с суммарной энергией E падающего света соотношением

$$p = \frac{E}{c}.$$

Энергию падающего света за промежуток времени Δt можно выразить через заданную в условии мощность излучения, падающего на 1 м^2 , и площадь поверхности.

При численном расчёте надо учесть, что поверхность батареи согласно условию половину падающего света поглощает, а половину — отражает.

Глава IX. Атомное ядро и элементарные частицы

§ 26. Атомное ядро. Радиоактивность

43. Обозначения:

v — модуль скорости α -частицы;

V — модуль скорости иона;

E — суммарная кинетическая энергия α -частицы и иона.

Из закона сохранения импульса следует, что

$$mv = MV. \quad (1)$$

Согласно закону сохранения энергии

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{MV^2}{2} = E. \quad (2)$$

Используя уравнения (1–2), можно выразить v и V через величины, заданные в условии.

На заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле, действует сила Лоренца. Записывая второй закон Ньютона для α -частицы и иона, получаем уравнения, с помощью которых можно выразить радиусы окружностей, по которым они движутся, через v , V и величины, заданные в условии.

§ 27. Ядерные реакции. Ядерная энергетика

23. Обозначения:

m — масса протона;

M — масса ядра трития;

v — модуль скорости протона;

V — модуль скорости ядра трития;

E — энергетический выход реакции.

Из закона сохранения импульса следует, что

$$mv = MV. \quad (1)$$

Используя закон сохранения энергии и учитывая слова в условии о том, что начальной кинетической энергией исходных продуктов реакции можно пренебречь, запишем:

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{MV^2}{2} = E. \quad (2)$$

Используя уравнения (1–2), можно выразить v и V через величины, заданные в условии.

Зная скорость ядра трития и справочные данные, можно найти его кинетическую энергию.

24. Обозначения:

m — масса α -частицы;

M — масса ядра астата;

v — модуль скорости α -частицы;

V — модуль скорости ядра астата;

$E_{\text{аст}}$ — кинетическая энергия ядра астата;

E — энергетический выход реакции.

Из закона сохранения импульса следует, что

$$mv = MV. \quad (1)$$

Используя закон сохранения энергии, запишем:

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{MV^2}{2} = E. \quad (2)$$

Используя уравнение (1), уравнение (2) можно переписать в виде

$$\frac{MV^2}{2} \left(1 + \frac{M}{m} \right) = E. \quad (3)$$

Множитель перед скобками в формуле (3) — заданная в условии кинетическая энергия ядра астата.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ПРИМЕРНАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА. ФИЗИКА. 10–11 КЛАСС (базовый и углублённый уровни)	4
Пояснительная записка	4
Характеристика учебного предмета и его место в учебном плане.....	5
Характеристика учебного предмета	5
Место учебного предмета в учебном плане	6
Планируемые личностные и метапредметные результаты освоения учебного предмета «Физика»	7
Планируемые личностные результаты	7
Планируемые метапредметные результаты	9
Содержание учебного предмета, планируемые предметные результаты освоения учебного предмета «Физика» и тематическое планирование (базовый уровень).....	11
Содержание учебного предмета	11
Планируемые предметные результаты изучения	14
Тематическое планирование. 10 класс	16
Тематическое планирование. 11 класс	30
Содержание учебного предмета, планируемые предметные результаты освоения учебного предмета «Физика» и тематическое планирование (углублённый уровень)..	42
Содержание учебного предмета	42
Планируемые предметные результаты изучения	46
Тематическое планирование. 10 класс	48
Тематическое планирование. 11 класс	64
ПРИМЕРНОЕ ПОУРОЧНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ УРОКОВ	
Примерное поурочное планирование	76
Магнитное поле.....	76
Электромагнитная индукция	76
Колебания и волны.....	78
Оптика	79
Квантовая физика	82
Астрономия и астрофизика.....	84

Примерное содержание уроков (базовый уровень).....	85
Глава I. Магнитное поле	85
Глава II. Электромагнитная индукция	88
Глава III. Колебания	91
Глава IV. Волны	93
Глава V. Геометрическая оптика	94
Глава VI. Волновая оптика	98
Глава VII. Элементы теории относительности	101
Глава VIII. Кванты и атомы.....	102
Глава IX. Атомное ядро и элементарные частицы	104
Глава X. Солнечная система	107
Глава XI. Звёзды и галактики.....	108
Примерное содержание уроков (углублённый уровень)....	110
Глава I. Магнитное поле	110
Глава II. Электромагнитная индукция	113
Глава III. Колебания	118
Глава IV. Волны	122
Глава V. Геометрическая оптика	124
Глава VI. Волновая оптика	129
Глава VII. Элементы теории относительности	134
Глава VIII. Кванты и атомы.....	135
Глава IX. Атомное ядро и элементарные частицы	138
Глава X. Солнечная система	142
Глава XI. Звёзды и галактики.....	143
 ОБУЧЕНИЕ ФИЗИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ КЛЮЧЕВЫХ СИТУАЦИЙ	
Традиционная методика обучения решению задач и причины её неэффективности.....	145
Метод исследования ключевых ситуаций	149
Возможные формы организации учебно-исследовательской деятельности при использовании метода исследования ключевых ситуаций.....	153
 ТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	
Глава I. Магнитное поле	157
Глава II. Электромагнитная индукция	158
Глава III. Колебания	161
Глава IV. Волны	165
Глава V. Геометрическая оптика	166
Глава VI. Волновая оптика	169

Глава VII. Элементы теории относительности	171
Глава VIII. Кванты и атомы.....	172
Глава IX. Атомное ядро и элементарные частицы	175

УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПОВЫШЕННОЙ ТРУДНОСТИ

Глава I. Магнитное поле.....	178
§ 2. Закон Ампера.....	178
§ 3. Примеры применения закона Ампера	179
§ 4. Сила Лоренца.....	181
Глава II. Электромагнитная индукция	182
§ 6. Закон электромагнитной индукции.....	182
§ 7. Самоиндукция. Энергия магнитного поля.....	183
Глава III. Колебания	184
§ 8. Свободные механические колебания	184
§ 9. Динамика механических колебаний.....	185
§ 10. Энергия механических колебаний. Вынужденные колебания.....	186
§ 11. Колебательный контур	187
Глава IV. Волны	187
§ 13. Механические волны. Звук	187
Глава V. Геометрическая оптика	189
§ 16. Законы геометрической оптики	189
§ 17. Линзы. Построение изображений в линзах	192
§ 18. Глаз и оптические приборы.....	195
Глава VI. Волновая оптика	198
§ 19. Интерференция волн	198
§ 20. Дифракция волн	199
Глава VIII. Кванты и атомы	201
§ 24. Фотоэффект. Фотоны	201
Глава IX. Атомное ядро и элементарные частицы	202
§ 26. Атомное ядро. Радиоактивность	202
§ 27. Ядерные реакции. Ядерная энергетика.....	203

Учебно-методическое издание

**Генденштейн Лев Элевич,
Булатова Альбина Александровна,
Кошкина Анжелика Васильевна,
Корнильев Игорь Николаевич**

ФИЗИКА

11 класс

Базовый и углублённый уровни

Методическое пособие

с указаниями к решению задач повышенной трудности

*Редактор Г. Ершова
Оформление Н. Новак
Технический редактор Е. Денюкова
Корректор И. Копылова
Компьютерная вёрстка А. Борисенко*

Подписано в печать 20.10.17. Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 13,0.
Тираж 300 экз. Заказ №

ООО «ВИНОМ. Лаборатория знаний»
127473, Москва, ул. Краснопролетарская, д. 16, стр. 1,
тел. (495)181-53-44, e-mail: binom@lbz.ru,
<http://lbz.ru>, <http://metodist.lbz.ru>