

ФГОС
ИННОВАЦИОННАЯ ШКОЛА

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к учебнику Э.Т. Изергина
«ФИЗИКА»

для 11 класса общеобразовательных организаций

Базовый уровень

Автор-составитель
О.А. Селютина

*Соответствует Федеральному государственному
образовательному стандарту*

Москва
«Русское слово»

УДК 372.016:53*11(073)

ББК 74.262.22я721

М 54

М 54 **Методическое** пособие к учебнику Э.Т. Изергина «Физика» для 11 класса общеобразовательных организаций. Базовый уровень / авт.-сост. О.А. Селютина. — М.: ООО «Русское слово — учебник», 2022. — 136 с. — (ФГОС. Инновационная школа).

Методическое пособие составлено на основе требований Федерального государственного образовательного стандарта, Примерной основной образовательной программы и предназначено для организации и проведения уроков по курсу «Физика» в 11 классе общеобразовательных организаций.

УДК 372.016:53*11(073)

ББК 74.262.22я721

© ООО «Русское слово —учебник», 2022

Учебно-методическое издание

ФГОС

Инновационная школа

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к учебнику Э.Т. Изергина
«Физика» для 11 класса
общеобразовательных организаций

Базовый уровень

Автор-составитель

Селютина Ольга Анатольевна

Руководитель Центра естественно-научных дисциплин *С.В. Банников*

Редактор *И.А. Мещерякова, Е.С. Кузьмина*

Художественный редактор *Н.В. Канурина*

Корректор *Л.И. Базылевич*

Вёрстка *Е.А. Бреславского*

Подписано в печать 04.10.21. Формат 84х108/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 14,28

Изд. № 24150_20

ООО «Русское слово — учебник»

115035, Москва, Овчинниковская наб., д. 20, стр. 2.

Тел.: (495) 969-24-54, (499) 689-02-65

(отдел реализации и интернет-магазин).

Вы можете приобрести книги в интернет-магазине:

www.russkoe-slovo.ru e-mail: zakaz@russlo.ru

ВВЕДЕНИЕ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ

Предлагаемое вашему вниманию пособие предназначено для педагогов, преподающих физику на базовом уровне в 11 классе общеобразовательных организаций по УМК «Физика» автора Э.Т. Изергина. Пособие состоит из нескольких частей: введение, воспитательный потенциал предмета и методика его реализации на уроках физики в 11 классе, рабочая программа по курсу «Физика» (11 класс), методические рекомендации по организации и проведению отдельных уроков. При написании пособия автор-составитель уделил существенное внимание формированию методологических знаний и модельных представлений, расширяя представления обучающихся по важным вопросам курса физики средней школы.

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 обучающимся по курсу физики основной школы. Однако следует учитывать, что среди старшеклассников, выбравших изучение физики на базовом уровне, есть и такие, у кого были трудности при изучении физики в основной школе. Поэтому в данном пособии предусмотрено повторение и углубление основных идей и понятий, которые изучались в курсе физики основной школы.

В пособии намеренно не даны сценарные решения уроков, так как творчески работающий педагог прекрасно понимает, что даже самый идеальный на бумаге урок на практике может не состояться из-за влияния множества факторов. Неоднократно было замечено, что переложение готового урока на свою «педагогическую почву» не всегда приводит к желаемому результату. На результативность урока влияют и время года, и время проведения урока, и психологическое состояние педагога и школьников, и первичная подготовка обучающихся.

В пособии даны основные ориентиры организационной деятельности педагога, которые основываются на программе курса физики, а также на тематическом содержании компонентов учебно-методического комплекта по физике.

Желаю творческих успехов!

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

Личностные результаты освоения основной образовательной программы

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

- ориентация обучающихся на достижение личного счастья, реализацию позитивных жизненных перспектив, инициативность, креативность, готовность и способность к личностному самоопределению, способность ставить цели и строить жизненные планы;
- готовность и способность обеспечить себе и своим близким достойную жизнь в процессе самостоятельной, творческой и ответственной деятельности;
- готовность и способность обучающихся к отстаиванию личного достоинства, собственного мнения, готовность и способность вырабатывать собственную позицию по отношению к общественно-политическим событиям прошлого и настоящего на основе осознания и осмысления истории, духовных ценностей и достижений нашей страны;
- готовность и способность обучающихся к саморазвитию и самовоспитанию в соответствии с общечеловеческими ценностями и идеалами гражданского общества, потребность в физическом самосовершенствовании, занятиях спортивно-оздоровительной деятельностью;
- принятие и реализация ценностей здорового и безопасного образа жизни, бережное, ответственное и компетентное отношение к собственному физическому и психологическому здоровью;
- неприятие вредных привычек: курения, употребления алкоголя, наркотиков.

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 русского народа и судьбе России, патриотизм, готовность к служению Отечеству, его защите;
- уважение к своему народу, чувство ответственности перед Родиной, гордости за свой край, свою Родину, прошлое и настоящее многонационального народа России, уважение к государственным символам (герб, флаг, гимн);
- формирование уважения к русскому языку как государственному языку Российской Федерации, являющемуся основой российской идентичности и главным фактором национального самоопределения;
- воспитание уважения к культуре, языкам, традициям и обычаям народов, проживающих в Российской Федерации.

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

- гражданственность, гражданская позиция активного и ответственного члена русского общества, осознающего свои конституционные права и обязанности, уважающего закон и правопорядок, осознанно принимающего традиционные национальные и общечеловеческие гуманистические и демократические ценности, готового к участию в общественной жизни;
- признание не отчуждаемости основных прав и свобод человека, которые принадлежат каждому от рождения, готовность к осуществлению собственных прав и свобод без нарушения прав и свобод других лиц, готовность отстаивать собственные права и свободы человека и гражданина согласно общепризнанным принципам и нормам международного права и в соответствии с Конституцией Российской Федерации, правовая и политическая грамотность;
- 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;
- интериоризация ценностей демократии и социальной солидарности, готовность к договорному регулированию отношений в группе или социальной организации;
- готовность обучающихся к конструктивному участию в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах общественной самоорганизации, самоуправления, общественно значимой деятельности;
- приверженность идеям интернационализма, дружбы, равенства, взаимопомощи народов; воспитание уважительного отношения к национальному достоинству людей, их чувствам, религиозным убеждениям;
- готовность обучающихся противостоять идеологии экстремизма, национализма, ксенофобии, коррупции; дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам и другим негативным социальным явлениям.

Личностные результаты в сфере отношения обучающихся с окружающими людьми:

- нравственное сознание и поведение на основе усвоения общечеловеческих ценностей, толерантного общения 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 и инвалидам; бережное, ответственное и компетентное отношение к физическому и психологическому здоровью других людей, умение оказывать первую помощь;
- формирование выраженной в поведении нравственной позиции, в том числе способности к сознательному выбору добра, нравственного сознания и поведения на основе усвоения общечеловеческих ценностей и нравственных чувств (честь, долг, справедливость, милосердие, дружелюбие);
- развитие компетенций сотрудничества со сверстниками, детьми младшего возраста, взрослыми в образовательной, общественно полезной, учебно-исследовательской, проектной и других видах деятельности.

Личностные результаты в сфере отношения обучающихся к окружающему миру, живой природе, художественной культуре:

- мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки, 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, бережное отношение к родной земле, природным богатствам России и мира; понимание влияния социально-экономических процессов на состояние природной и социальной среды, ответственность за состояние природных ресурсов; умения и навыки разумного природопользования, нетерпимое отношение к действиям, приносящим вред экологии; приобретение опыта эколого-направленной деятельности;
- эстетическое отношение к миру, готовность к эстетическому обустройству собственного быта.

Личностные результаты в сфере отношения обучающихся к семье и родителям, в том числе подготовка к семейной жизни:

- ответственное отношение к созданию семьи на основе осознанного принятия ценностей семейной жизни;
- положительный образ семьи, родительства (отцовства и материнства), интериоризация традиционных семейных ценностей.

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

- уважение ко всем формам собственности, готовность к защите своей собственности;
- осознанный выбор будущей профессии как путь и способ реализации собственных жизненных планов;
- готовность обучающихся к трудовой профессиональной деятельности как к возможности участия в решении личных, общественных, государственных, общенациональных проблем;
- потребность трудиться, уважение к труду и людям труда, трудовым достижениям, добросовестное, ответственное и творческое отношение к разным видам трудовой деятельности;
- готовность к самообслуживанию, включая обучение и выполнение домашних обязанностей.

Личностные результаты в сфере 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.

Метапредметные результаты освоения основной образовательной программы

Метапредметные результаты освоения основной образовательной программы представлены тремя группами универсальных учебных действий.

Регулятивные универсальные учебные действия

Выпускник научится:

- самостоятельно формулировать цели, задавать параметры и критерии, по которым можно определить, что они достигнуты;
- оценивать возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности, собственной жизни и жизни окружающих людей, основываясь на соображениях этики и морали;
- 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 цели;
- выбирать путь достижения цели, планировать решение поставленных задач, оптимизируя материальные и нематериальные затраты;

- организовывать эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели;
- сопоставлять полученный результат деятельности с поставленной заранее целью.

Познавательные универсальные учебные действия

Выпускник научится:

- искать и находить обобщённые способы решения задач, в том числе осуществлять развёрнутый информационный поиск и формулировать на его основе новые (учебные и познавательные) задачи;
- критически оценивать и интерпретировать информацию с разных позиций, распознавать и фиксировать противоречия в информационных источниках;
- использовать различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках;
- находить и приводить критические аргументы в отношении действий и суждений другого; спокойно и разумно относиться к критическим замечаниям в отношении собственного суждения, рассматривать их как ресурс собственного развития;
- выходить за рамки учебного предмета и осуществлять целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия;
- выстраивать индивидуальную образовательную траекторию, учитывая ресурсные ограничения и ограничения со стороны других участников;
- менять и удерживать разные позиции в познавательной деятельности.

Коммуникативные универсальные учебные действия

Выпускник научится:

- осуществлять деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми (внутри образовательной организации и за её пределами), подбирать партнёров для деловой коммуникации, исходя из соображений результативности взаимодействия, а не личных симпатий;
- при осуществлении групповой работы быть как руководителем, так и членом команды в разных ролях (генератор идей, критик, исполнитель, выступающий, эксперт и т.д.);
- координировать и выполнять работу в условиях реального, виртуального и комбинированного взаимодействия;
- развёрнуто, логично и точно излагать свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств;
- распознавать конфликтогенные ситуации и предотвращать конфликты до наступления их активной фазы, выстраивать деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений.

ТИПОЛОГИЯ УРОКОВ

Система занятий по любому предмету имеет циклический характер. Один цикл обычно связан с крупной дидактической единицей — темой, в рамках которой учитель использует все типы уроков. Данная классификация позволяет чётко определять цель, задачи и структуру каждого занятия и не препятствует выбору педагогом формы (вида) проведения урока (лекция, беседа, семинар, урок-путешествие и др.) и использованию различных педагогических технологий.

В дальнейшем будем использовать следующие типы уроков:

- урок освоения новых знаний и видов учебных действий;
- урок применения знаний и видов учебных действий;
- урок обобщения, систематизации и закрепления знаний и умений выполнять учебные действия;
- урок развивающего контроля;
- комбинированный урок.

Структура уроков

1. Урок освоения новых знаний и видов учебных действий

Данный тип урока используется:

- при освоении новых знаний и формировании новых видов учебных действий;
- при освоении новых знаний на основе уже сформированных видов учебных действий;

— при формировании новых видов учебных действий на основе имеющихся знаний.

Цели уроков данного типа: формирование у обучающихся новых знаний и(или) видов учебных действий в рамках учебной ситуации; формирование способности к рефлексии.

Деятельность учителя: создание социально-педагогических условий для освоения обучающимися новых знаний и(или) формирования умений выполнять учебные действия; формирование у обучающихся способностей к рефлексии.

Деятельность обучающихся: восприятие, осмысление, запоминание новых знаний и(или) освоение новых видов учебных действий; формирование способностей к рефлексии.

2. Урок применения знаний и видов учебных действий

Цели уроков данного типа: закрепление знаний и(или) учебных действий и формирование у обучающихся способностей применять их для решения практических задач; формирование способности к рефлексии, коррекции знаний и(или) умений выполнять учебные действия.

Деятельность учителя: создание социально-педагогических условий для практического применения обучающимися знаний и(или) видов учебных действий; формирование у обучающихся способностей к рефлексии, коррекции знаний и(или) умений выполнять учебные действия.

Деятельность обучающихся: закрепление знаний и(или) умений выполнять учебные действия; фиксация и преодоление затруднений практического применения знаний и(или) умений выполнять учебные действия.

3. Урок обобщения, систематизации и закрепления знаний и умений выполнять учебные действия

Цели уроков данного типа: обобщение, систематизация и закрепление знаний и умений выполнять учебные действия каждым обучающимся по итогам изучения раздела курса или крупного тематического блока; выявление индивидуальных достижений обучающихся при выполнении учебных действий на основе сформированных знаний; формирование способности к рефлексии, коррекции знаний и(или) умений выполнять учебные действия.

Деятельность учителя: создание социально-педагогических условий для организации обобщения, систематизации и закрепления знаний и(или) умений выполнять учебные действия; выявление индивидуальных достижений обучающихся и затруднений при выполнении учебных действий на основе сформированных знаний; формирование у обучающихся способностей к рефлексии, коррекции знаний и(или) умений выполнять учебные действия.

Деятельность обучающихся: обобщение, систематизация и закрепление знаний и(или) умений выполнять учебные действия; самоанализ и самооценка индивидуальных учебных достижений; развитие контрольно-коррекционных способностей.

4. Урок развивающего контроля

Цели уроков данного типа: осуществление контроля за способностями обучающихся применять новые знания и умением выполнять учебные действия при помощи диагностирующего материала разного вида, а также формирование способности обучающихся к самоконтролю, самоанализу и самооценке.

Урок развивающего контроля предполагает организацию учебного взаимодействия в течение двух учебных часов.

Деятельность учителя: создание социально-педагогических условий для мотивации обучающихся к осуществлению контроля уровня усвоения знаний и сформированности умений выполнять учебные действия; контроль уровня усвоения знаний и сформированности умений выполнять учебные действия; анализ правильности выполнения коррекционной работы обучающимися, уточнение алгоритмов исправления ошибок и устранения затруднений в учебной деятельности.

Деятельность обучающихся: выполнение диагностирующих заданий; само- и взаимопроверка результатов выполнения диагностирующих заданий; выявление причин затруднений в учебной деятельности, выработка и применение алгоритмов коррекции этих затруднений; рефлексия учебной деятельности.

5. Комбинированный урок

Цели уроков данного типа: создание ситуации, при которой учитель имеет возможность наряду с освоением обучающимися новых знаний и(или) видов учебных действий провести закрепление и коррекцию усвоенных ранее знаний и(или) видов учебных действий.

Деятельность учителя: создание социально-педагогических условий для организации повторения, закрепления и коррекции усвоенных знаний и(или) видов учебных действий; создание условий для освоения обучающимися новых знаний и(или) видов учебных действий; формирование у обучающихся способностей к коррекционной деятельности и рефлексии.

Деятельность обучающихся: закрепление знаний и(или) умений выполнять учебные действия; восприятие, осмысление, запоминание новых знаний и(или) освоение новых видов учебных действий; фиксирование и преодоление затруднений применения знаний и(или) умений выполнять учебные действия.

ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Для более полного охвата разнообразных по своему назначению уроков, которые конструируются в практике обучения, их разделяют не только по типам, но и по видам. Деление уроков на виды наиболее целесообразно осуществлять по характеру деятельности учителя и обучающихся. При этом подразделение на виды происходит для каждого типа урока в рамках используемой типологии. Так, например, контрольные уроки, являющиеся одним из элементов типологии по основным этапам учебного процесса, подразделяются на следующие виды: уроки устного опроса; письменного опроса, зачёты, лабораторные и практические работы, самостоятельные и контрольные работы, сочетание разных видов. Подразделение уроков на типы и виды тем не менее не делает полными имеющиеся типологии. В качестве примеров подобных типологий, подразделяющих уроки по форме их проведения, можно привести следующие виды уроков:

1) уроки в форме соревнований и игр: конкурс, турнир, эстафета, дуэль, КВН, деловая игра, ролевая игра, кроссворд, викторина и т.д.;

2) уроки, основанные на формах, жанрах и методах работы, известных в общественной практике: исследование, изобретательство, анализ первоисточников, комментариев, мозговая атака, интервью, репортаж, рецензия и т.д.;

3) уроки, основанные на нетрадиционной организации учебного материала: урок мудрости, откровение, урок-блок, урок «дублёр начинает действовать» и т.д.;

4) уроки, напоминающие публичные формы общения: пресс-конференция, брифинг, аукцион, бенефис, регламентированная дискуссия, панорама, телемост, репортаж, диалог, «живая газета», устный журнал и т.д.;

5) уроки, основанные на имитации деятельности учреждений и организаций: следствие, патентное бюро, учёный совет и т.д.;

6) уроки, основанные на имитации деятельности при проведении общественно-культурных мероприятий: заочная экскурсия, экскурсия в прошлое, путешествие, прогулки и т.д.;

7) уроки, опирающиеся на фантазию: урок-сказка, урок-сюрприз и т.д.;

8) уроки с использованием традиционных форм внеклассной работы: «следствие ведут знатоки», спектакль, брейн-ринг, диспут и т.д.;

9) интегрированные уроки;

10) трансформация традиционных способов организации урока: лекция-парадокс, парный опрос, экспресс-опрос, урок — защита оценки, урок-консультация, урок-практикум, урок-семинар и т.д.

В качестве примеров другого подхода к типологии уроков по форме их проведения можно привести такие блоки однотипных уроков:

1) уроки творчества: урок изобретательства, урок-выставка, урок-сочинение, урок — творческий отчёт и т.д.;

2) уроки, созвучные с общественными тенденциями: урок — общественный смотр знаний, урок-диспут, урок-диалог и т.д.;

3) межпредметный и внутрикурсовой уроки: одновременно по двум предметам, одновременно для обучающихся разных возрастов и т.д.;

4) уроки с элементами историзма: урок об учёных, урок-бенефис, урок — исторический обзор, урок-портрет и т.д.;

5) театрализованные уроки: урок-спектакль, урок воспоминаний, урок-суд, урок-аукцион и т.д.;

6) игровые уроки: урок — деловая игра, урок — ролевая игра, урок с дидактической игрой, урок-соревнование, урок-путешествие и т.д.;

7) вспомогательные уроки: урок-тест, урок для родителей, урок-консультация и т.д.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В состав УМК для 11 класса входят:

- 1) программа курса «Физика» (базовый уровень). 10–11 классы;
- 2) учебник. 11 класс (базовый уровень);
- 3) электронная форма учебника. 11 класс;
- 4) методическое пособие к учебнику. 11 класс;
- 5) рабочая программа. 11 класс;
- 6) рабочая тетрадь. 11 класс;
- 7) тетрадь для лабораторных работ. 11 класс;
- 8) методические рекомендации по проведению лабораторных работ. 11 класс;
- 9) контрольно-измерительные материалы для текущего и итогового контроля. 11 класс.

Интернет-ресурсы:

www.krugosvet.ru — Энциклопедия «Кругосвет».

ru.wikipedia.org — Википедия.

www.astronet.ru — Астронет (сайт по астрономии).

www.elementy.ru — Элементы (все новости науки для детей).

www.stiz.ru — Проект «Вся физика».

www.kvant.mccme.ru — полный архив журнала «Квант».

www.afizika.ru — сайт «Занимательная физика».

www.elkin52.narod.ru — Занимательная физика в вопросах и ответах.

www.physics03.narod.ru — Физика вокруг нас.

www.physics.ru — Открытая физика (онлайн-учебники).

www.school-collection.edu.ru — сайт цифровых образовательных ресурсов.

ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРЕДМЕТА И МЕТОДИКА ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ НА УРОКАХ ФИЗИКИ В 11 КЛАССЕ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОСПИТАНИЯ

Воспитание и социализация обучающихся на уровне основного общего образования строятся на основе базовых национальных ценностей российского общества, таких как патриотизм, социальная солидарность, гражданственность, семья, здоровье, труд и творчество, наука, традиционные религии России, искусство, природа, человечество, и направлены на развитие и воспитание компетентного гражданина России, принимающего судьбу Отечества как свою личную, осознающего ответственность за настоящее и будущее своей страны, укоренённого в духовных и культурных традициях многонационального народа России.

Воспитание направлено на:

- освоение обучающимися социального опыта, основных социальных ролей, соответствующих ведущей деятельности данного возраста, норм и правил общественного поведения;
- формирование готовности обучающихся к выбору направления своей профессиональной деятельности в соответствии с личными интересами, индивидуальными особенностями и способностями, с учётом потребностей рынка труда;
- формирование и развитие знаний, личностных ориентиров и норм здорового и безопасного образа жизни с целью сохранения и укрепления физического, психологического и социального здоровья обучающихся как одной из ценностных составляющих личности и ориентированной на достижение планируемых результатов освоения основной образовательной программы основного общего образования;
- формирование экологической культуры;
- формирование антикоррупционного сознания.

Воспитание обеспечивает:

- формирование уклада школьной жизни, обеспечивающего создание социальной среды развития обучающихся, включающего урочную, внеурочную и общественно значимую деятельность, систему воспитательных мероприятий, культурных и социальных практик, основанного на системе социокультурных и духовно-нравственных ценностей и принятых в обществе правилах и нормах поведения в интересах человека, семьи, общества и государства, российского общества, учитывающего историко-культурную и этническую специфику региона, потребности обучающихся и их родителей (законных представителей);
- усвоение обучающимися нравственных ценностей, приобретение начального опыта нравственной, общественно значимой деятельности, конструктивного социального поведения, мотивации и способности к духовно-нравственному развитию;
- приобщение обучающихся к культурным ценностям своего народа, своей этнической или социокультурной группы, базовым национальным ценностям российского общества, общечеловеческим ценностям в контексте формирования у них российской гражданской идентичности;
- социальную самоидентификацию обучающихся посредством личностно значимой и общественно приемлемой деятельности;
- формирование у обучающихся личностных качеств, необходимых для конструктивного, успешного и ответственного поведения в обществе с учётом правовых норм, установленных российским законодательством;
- приобретение знаний о нормах и правилах поведения в обществе, социальных ролях человека;
- формирование позитивной самооценки, самоуважения, конструктивных способов самореализации;
- приобщение обучающихся к общественной деятельности и традициям организации, осуществляющей образовательную деятельность, участие в детско-юношеских организациях и движениях, спортивных секциях, творческих клубах и объединениях по интересам, сетевых сообществах, библиотечной сети,

краеведческой работе, ученическом самоуправлении, военно-патриотических объединениях, в проведении акций и праздников (региональных, государственных, международных);

- участие обучающихся в деятельности производственных, творческих объединений, благотворительных организаций;

- участие в экологическом просвещении сверстников, родителей, населения;

- участие в благоустройстве школы, класса, сельского поселения, города;

- формирование способности противостоять негативным воздействиям социальной среды, факторам микросоциальной среды;

- развитие педагогической компетентности родителей (законных представителей) в целях содействия социализации обучающихся в семье;

- учёт индивидуальных и возрастных особенностей обучающихся, культурных и социальных потребностей их семей;

- формирование у обучающихся мотивации к труду, потребности к приобретению профессии;

- овладение способами и приёмами поиска информации, связанной с профессиональным образованием и профессиональной деятельностью, поиском вакансий на рынке труда и работой служб занятости населения;

- развитие собственных представлений о перспективах своего профессионального образования и будущей профессиональной деятельности;

- приобретение практического опыта, соответствующего интересам и способностям обучающихся;

- создание условий для профессиональной ориентации обучающихся через систему работы педагогических работников, психологов, социальных педагогов;

- сотрудничество с базовыми предприятиями, профессиональными образовательными организациями, образовательными организациями высшего образования, центрами профориентационной работы;

- совместную деятельность с родителями (законными представителями);

- информирование обучающихся об особенностях различных сфер профессиональной деятельности, социальных и финансовых составляющих различных профессий, особенностях местного, регионального, российского и международного спроса на различные виды трудовой деятельности;

- использование средств психолого-педагогической поддержки обучающихся и развитие консультационной помощи в их профессиональной ориентации, включающей диагностику профессиональных склонностей и профессионального потенциала обучающихся, их способностей и компетенций, необходимых для продолжения образования и выбора профессии (в том числе компьютерного профессионального тестирования и тренинга в специализированных центрах);

- осознание обучающимися ценности экологически целесообразного, здорового и безопасного образа жизни;

- формирование установки на систематические занятия физической культурой и спортом, готовности к выбору индивидуальных режимов двигательной активности на основе осознания собственных возможностей;

- осознанное отношение обучающихся к выбору индивидуального рациона здорового питания;

- формирование знаний о современных угрозах для жизни и здоровья людей, в том числе экологических и транспортных, готовности активно им противостоять;

- овладение современными оздоровительными технологиями, в том числе на основе навыков личной гигиены;

- формирование готовности обучающихся к социальному взаимодействию по вопросам улучшения экологического качества окружающей среды, устойчивого развития территории, экологического здоровьесберегающего просвещения населения, профилактики употребления наркотиков и других психоактивных веществ, профилактики инфекционных заболеваний;

- убеждённость в выборе здорового образа жизни и вреде употребления алкоголя и табакокурения;

- осознание обучающимися взаимной связи здоровья человека и экологического состояния окружающей среды, роли экологической культуры в обеспечении личного и общественного здоровья и безопасности;

- необходимость следования принципу предосторожности при выборе варианта поведения.

В ходе планирования учебно-воспитательного процесса учитываются:

- цель и задачи духовно-нравственного развития, воспитания и социализации обучающихся, описание ценностных ориентиров, лежащих в её основе;
- направления деятельности по духовно-нравственному развитию, воспитанию и социализации, профессиональной ориентации обучающихся, здоровьесберегающей деятельности и формированию экологической культуры обучающихся, отражающие специфику образовательной организации, запросы участников образовательного процесса;
- содержание, виды деятельности и формы занятий с обучающимися по каждому из направлений духовно-нравственного развития, воспитания и социализации обучающихся;
- формы индивидуальной и групповой организации профессиональной ориентации обучающихся по каждому из направлений («ярмарки профессий», дни открытых дверей, экскурсии, предметные недели, олимпиады, конкурсы);
- этапы организации работы в системе социального воспитания в рамках образовательной организации, совместной деятельности образовательной организации с предприятиями, общественными организациями, в том числе с системой дополнительного образования;
- основные формы организации педагогической поддержки социализации обучающихся по каждому из направлений с учётом урочной и внеурочной деятельности, а также формы участия специалистов и социальных партнёров по направлениям социального воспитания;
- модели организации работы по формированию экологически целесообразного, здорового и безопасного образа жизни, включающие в том числе рациональную организацию учебно-воспитательного процесса и образовательной среды, физкультурно-спортивной и оздоровительной работы, профилактику употребления психоактивных веществ обучающимися, профилактику детского дорожно-транспортного травматизма, организацию системы просветительской и методической работы с участниками образовательного процесса;
- описание деятельности образовательной организации в области непрерывного экологического здоровьесберегающего образования обучающихся;
- систему поощрения социальной успешности и проявлений активной жизненной позиции обучающихся (рейтинг, формирование портфолио, установление стипендий, спонсорство и т.п.);
- критерии, показатели эффективности деятельности образовательной организации в части духовно-нравственного развития, воспитания и социализации обучающихся, формирования здорового и безопасного образа жизни и экологической культуры обучающихся (поведение на дорогах, в чрезвычайных ситуациях);
- методику и инструментарий мониторинга духовно-нравственного развития, воспитания и социализации обучающихся;
- планируемые результаты духовно-нравственного развития, воспитания и социализации обучающихся, формирования экологической культуры, культуры здорового и безопасного образа жизни обучающихся.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВОСПИТАНИЯ СРЕДСТВАМИ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА «ФИЗИКА» В 11 КЛАССЕ

1) Патриотическое воспитание

Воспитание осознания российской гражданской идентичности, необходимости познания родного языка, истории, культуры своего края, народов России; проявление ценностного отношения к достижениям своей Родины — России, к науке, искусству, боевым и трудовым подвигам народа; гордости за российскую науку и технику, глубокое уважение к тем, кто своим трудом преумножил славу нашей Родины, осуществляется на основе:

1) изучения биографий, научных открытий и достижений российских учёных-физиков, которые внесли большой вклад в развитие российской и мировой науки и техники:

- Б.С. Якоби в теме в теме «Магнитное поле тока. Индукция магнитного поля»;
- Э.Х. Ленц в теме «Электромагнитная индукция»;
- П.Л. Лебедев в темах «Электромагнитные волны», «Шкала электромагнитных волн», «Фотоны. Корпускулярно-волновой дуализм. Давление света»;

- А.С. Попов в теме «Радиопередача и радиоприём»;
 - А.Г. Столетов в теме «Фотоэффект»;
 - Д.И. Менделеев в темах «Модели строения атома. Постулаты Бора», «Радиоактивные изотопы. Энергия связи атомных ядер», «Ядерная энергия»;
 - П.Л. Капица, Д.В. Скобельцын в теме «Методы наблюдения и регистрации частиц»;
 - Д.Д. Иваненко в теме «Состав ядра атома»;
 - И.В. Курчатов в теме «Ядерная энергия»;
 - Ю.А. Гагарин, О.Ю. Шмидт в теме «Космические исследования. Солнечная система»;
 - А.А. Фридман, Г.А. Гамов, А.Д. Линде в теме «Вселенная. Расширение Вселенной».
- 2) включения в учебный материал исторических сведений:
- создание и применение первого в мире практически пригодного электродвигателя;
 - строительство и запуск первого российского МГД-генератора в теме «Сила Лоренца»;
 - применение ретрансляционных спутников Земли в системе «Орбита» в теме «Радиопередача и радиоприём»;
 - изучение результатов столкновения частиц в ускорителе элементарных частиц в г. Серпухове под Москвой в теме «Элементарные частицы»;
 - открытие водяного льда на Марсе, обнаруженного российским прибором ХЕНД.
- Воспитание готовности к активному участию в жизни семьи, образовательной организации, родного края, страны осуществляется на основе практического использования в повседневной жизни знаний о свойствах физических явлений и закономерностей.
- 2) *Гражданское воспитание***
- Воспитание неприятия любых искажённых форм идеологии — экстремизма, национализма, дискриминации по расовым, национальным, религиозным признакам осуществляется через знакомство с научными открытиями и вкладом в мировую науку зарубежных учёных прошлого и современности:
- Г.Х. Эрстед в темах «Магнитное поле тока. Индукция магнитного поля», «Электромагнитная индукция»;
 - А.М. Ампер, Н. Тесла в теме «Магнитное поле тока. Индукция магнитного поля»;
 - Э. Резерфорд, Х. Лоренц в теме «Сила Лоренца»;
 - М. Фарадей в теме «Электромагнитная индукция»;
 - Дж. Максвелл в теме «Электромагнитные волны»;
 - Г. Герц в темах «Электромагнитные волны», «Фотоэффект»;
 - О. Рёмер, И. Физо, А. Майкельсон в теме «Скорость света и её опытное определение»;
 - Х. Пюйгенс в теме «Законы отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение»;
 - Т. Юнг, О. Френель в теме «Интерференция света»;
 - У. Гершель, И. Риттер, В. Рентген в теме «Шкала электромагнитных волн»;
 - А. Майкельсон, Э. Морли в теме «Постулаты специальной теории относительности»;
 - А. Эйнштейн в темах «Постулаты специальной теории относительности», «Фотоэффект», «Радиоактивные изотопы. Энергия связи атомных ядер», «Вселенная. Расширение Вселенной»;
 - М. Планк в темах «Фотоэффект», «Модели строения атома. Постулаты Бора»;
 - Л. де Бройль в теме «Фотоны. Корпускулярно-волновой дуализм. Давление света»;
 - А. Беккерель, П. Кюри, М. Кюри, Дж. Томсон, Н. Бор в теме «Модели строения атома. Постулаты Бора»;
 - Э. Резерфорд в темах «Модели строения атома, постулаты Бора», «Состав ядра атома»;
 - И.Я. Бальмер в теме «Спектры и спектральный анализ»;
 - Д. Чедвик, В. Гейзенберг в теме «Состав ядра атома»;
 - В. Паули, Ф. Жолио-Кюри, И. Жолио-Кюри в теме «Радиоактивность»;
 - Э. Ферми в темах «радиоактивность», «Ядерная энергия»;
 - П. Дирак, К. Андерсон, М. Гелл-Манн, Дж. Цвейг в теме «Элементарные частицы»;
 - И. Кеплер в теме «Космические исследования. Солнечная система»;
 - Э. Герцшпрунг, Х. Рессел, П. Лаплас в теме «Природа Солнца и звёзд. Физические характеристики звёзд»;
 - Э.П. Хаббл в темах «Галактики. Наша Галактика», «Вселенная. Расширение Вселенной»;

— А. Гут, П. Стейнхардт в теме «Вселенная. Расширение Вселенной».

Приобретение опыта успешного межличностного общения на основе равенства, гуманизма, стремления к взаимопониманию и взаимопомощи формируется на основе:

— использования исторических сведений о строительстве и использовании Большого адронного коллайдера в теме «Элементарные частицы»;

— выполнения лабораторных работ и фронтальных физических экспериментов и опытов.

Воспитание готовности к разнообразной совместной деятельности, активное участие в коллективных учебно-исследовательских, проектных и других творческих работах, в решении конкретных проблем, связанных с организацией учебной работы и внеурочной деятельности, соблюдением прав и интересов обучающихся, правил учебной дисциплины, установленных в образовательной организации, осуществляется через выполнение физических исследований и проектов по различным темам курса физики 11 класса.

3) *Духовно-нравственное воспитание*

Воспитание неприятия любых нарушений социальных (в том числе моральных и правовых) норм, ориентации на моральные ценности и нормы в ситуациях нравственного выбора, а также оценочного отношения к своему поведению и поступкам, к поведению и поступкам других людей осуществляется через использование в учебном материале легенд, притч, народных пословиц и поговорок при изучении физических явлений и законов, решении качественных и количественных задач.

4) *Эстетическое воспитание*

Формирование художественно-эстетической картины мира, прекрасного и безобразного осуществляется в результате использования в учебном материале фотографий и репродукций картин известных художников с изображением природных явлений и физических процессов.

Воспитание осознания важности освоения художественного наследия мира, России и населяющих её народов, эстетического восприятия окружающей действительности; формирование понимания этнических культурных традиций и народного творчества происходит на основе использования на уроках физики фрагментов из произведений русских и зарубежных писателей и поэтов, а также строк из песен:

— стихотворение М.И. Ивенсен «Осень» в теме «Магнитное поле тока. Индукция магнитного поля»;

— песня С.В. Переверзева, С.В. Селезнёва «Радиоволна» и стихотворение Д.И. Гулиа «Про солнце» в теме «Электромагнитные волны»;

— песня Б.А. Прозоровского, Б.Н. Тимофеева «Караван» в теме «Законы отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение»;

— стихотворение С.Я. Маршака «Радуга-дуга» в теме «Дисперсия света».

5) *Формирование представлений о научной картине мира*

Формирование основ научного мировоззрения, соответствующего современному уровню наук о природе и обществе и общественной практике, осуществляется на каждом урочном и внеурочном занятии по физике.

Воспитанию готовности к саморазвитию и самообразованию, проявлению интереса к самостоятельной познавательной деятельности, расширению знаний о природе и обществе, совершенствованию языковой и читательской культуры как средства познания окружающего мира способствуют задания, связанные с поиском ответов на вопросы с использованием дополнительной литературы и интернет-ресурсов по темам:

— «Циклотрон»;

— «Управление пучком электронов в электронно-лучевой трубке»;

— «Детектор металла»;

— «Кто первым изобрёл радио: А.С. Попов или Маркони?»;

— «Ретрансляция радиосигналов»;

— «Как работает сотовая связь?»;

— «Влияние атмосферы Земли на астрономические наблюдения»;

— «Открытие дифракции электронов на кристаллах»;

— «Волны де Бройля и их физический смысл»;

— «Опыты Н.П. Лебедева по обнаружению давления света»;

— «В чём заключается соотношение неопределённостей Гейзенберга?»;

— «Квантовая теория атома водорода, объяснение спектров излучения и поглощения атома водорода. Недостатки теории Бора»;

- «Открытие спектрального анализа»;
- «Создание Э. Ферми первого ядерного реактора»;
- «Создание и испытание первой атомной бомбы в США»;
- «Как в СССР создавали первую атомную бомбу?»;
- «Устройство атомной и термоядерной бомбы»;
- «Развитие атомной энергетики СССР и России»;
- «Плюсы и минусы АЭС»;
- «Экологические проблемы ядерной энергетики»;
- «Термоядерная энергетика: миф или реальность».

Формирование способности к успешной адаптации в окружающем мире с учётом изменяющейся природной, социальной и информационной среды происходит в процессе выполнения творческих заданий познавательного характера:

- 1) проектных и исследовательских работ;
- 2) самостоятельной разработке опытов и выборе приборов для демонстрации физических явлений;
- 3) составлении и решении задач по различным темам курса физики;
- 4) подготовкой сообщений, презентаций, подборок фотографий и видеоматериалов по темам:
 - «Магнитное поле тока. Индукция магнитного поля»;
 - «Движение заряженных частиц в магнитном поле Земли. Полярные сияния»;
 - «Масс-спектрограф»;
 - «Устройство электродинамического микрофона»;
 - «Токи Фуко: польза и вред»;
 - «Индукционные печи»;
 - «Как осуществляется связь с космонавтами на космической станции?»;
 - «Когда появился первый телевизор?»;
 - «Волоконная оптика и её применение»;
 - «Миражи»;
 - «Использование спектрального анализа в астрономии. Спектр Солнца»;
 - «Люминесценция и её использование»;
 - «Ядерная гонка вооружений: причины и последствия»;
 - «Последствия атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки»;
 - «Авария на Чернобыльской АЭС и её последствия»;
 - «Проекты использования атомных двигателей на транспорте»;
 - «Атомная энергия: благо или опасность?»;
 - «Красные гиганты»;
 - «Белые карлики»;
 - «Двойные звёзды»;
 - «Нейтронные звёзды»;
 - «Чёрные дыры»;
 - «Новые и сверхновые звёзды»;
 - «Планетарные туманности»;
 - «Происхождение и эволюция звёзд»;
 - «Галактики. Наша Галактика».

Овладение умениями рефлексии на себя и окружающих осуществляется на каждом уроке физики. При подведении итогов организуется самооценка учениками деятельности на уроке, фиксируется степень ответственности поставленной цели и результатов деятельности, намечаются цели последующей деятельности.

б) Физическое воспитание и формирование культуры здоровья

Воспитание ответственного отношения к жизни и установки на здоровый образ жизни — выполнение санитарно-гигиенических правил, организация труда и отдыха осуществляется при выполнении техники безопасности:

— на уроках при использовании физических приборов и материалов во время выполнения лабораторных работ и фронтальных экспериментов и опытов;

— на внеурочных занятиях при выполнении проектных и исследовательских работ по физике.

Количественные и качественные задачи на различные виды спорта способствуют формированию готовности к физическому совершенствованию, соблюдению подвижного образа жизни, к занятиям физической культурой и спортом, развитию физических качеств.

Формирование навыков безопасного поведения, в том числе самозащиты от непроверенной информации в интернет-среде, происходит при выполнении творческих заданий с использованием интернет-ресурсов.

7) Трудовое воспитание

Формирование уважения к людям любого труда и результатам своей трудовой деятельности осуществляется на каждом урочном и внеурочном занятии по физике через сознательное отношение к труду в целом. Обучающиеся овладевают рядом умственных и практических действий, у них формируются познавательные интересы, рациональные приёмы умственной деятельности при решении физических задач и выполнении экспериментальных заданий и опытов, вырабатывается культура умственного труда.

Стремление к осознанному выбору и построению индивидуальной траектории образования с учётом предполагаемой будущей профессии и проявление интереса к профориентационной деятельности происходит в результате:

- изучения физических процессов и закономерностей, лежащих в основе технологических процессов;
- решения задач производственного содержания, исследовательских и конструкторских задач;
- составления задач производственного содержания;
- выполнения лабораторных, исследовательских и проектных работ производственно-технического содержания;
- организации и проведения учебных экскурсий на предприятия, производства, в том числе виртуальных;
- проведения учебных и научно-практических конференций, семинаров по проблемам, связанным с использованием физических процессов в производственной сфере, развитию научно-технической сферы экономики;
- организации встреч с представителями профессий научно-технической сферы.

При организации предметной профориентации средствами физики следует учитывать:

- усиление прикладной направленности в преподавании физики, т.е. рассмотрение тем, связанных с промышленной сферой, сельским хозяйством, медициной, культурой, бытом;
- влияние физики на развитие научно-технического производства;
- повышение значения межпредметных знаний и их роли в профессиональном самоопределении обучающихся, так как в современном мире наиболее востребованы знания, лежащие на стыке предметных областей «физика — химия», «физика — биология» и др.

8) Экологическое воспитание

Формирование основ экологической культуры, неприятие действий, приносящих вред экологии окружающего мира, осуществляется через изучение:

- особенностей развития научно-технического прогресса;
- экологических проблем, связанных с загрязнением биосферы и изменения радиационного фона в результате ядерных взрывов и авариях на атомных объектах;
- особенностей производства атомной энергии как источника поступления радиоактивных элементов в атмосферу;
- складирования и хранения радиоактивных отходов военной промышленности и атомных электростанций;
- радиационного загрязнения, обусловленного сжиганием каменного угля;
- регулирования источников излучения, непосредственно влияющих на здоровье населения;
- применения радиохимического контроля строительных материалов;
- информации о том, как в разных странах решают экологические проблемы, связанные с эксплуатацией объектов атомной энергии и промышленности.

Участие в практической деятельности экологической направленности, проведение рефлексивной оценки собственного экологического поведения и оценки последствий действий других людей для окружающей среды осуществляется на основе организации и проведения мероприятий социального характера, направленных на улучшение экологической ситуации в каждом конкретном регионе (городе, селе) на основе знаний:

- о применении строительных материалов, включающих вещества, которые являются аллергенами;
- о вредном влиянии на нервную и иммунную системы организма человека электромагнитного излучения, связанного с развитием телевидения, радиовещания и компьютеризации, телефонной связи;
- о способах повышения эффективности вентиляционных систем.

ПРИМЕРЫ ФОРМУЛИРОВОК ЦЕЛЕЙ ВОСПИТАНИЯ

- Создать условия, обеспечивающие воспитание интереса к будущей профессии.
- Обеспечить условия по формированию сознательной дисциплины и норм поведения обучающихся.
- Способствовать развитию творческого отношения к учебной деятельности.
- Способствовать воспитанию бережливости и экономии.
- Обеспечить условия для воспитания положительного интереса к изучаемому предмету.
- Организовать ситуации, акцентирующие формирование сознательной дисциплины при работе.
- Создать на уроке условия, обеспечивающие воспитание аккуратности и внимательности при выполнении работ.
- Способствовать воспитанию бережного отношения к окружающей природе.
- Обеспечить высокую творческую активность при выполнении.
- Создать условия, обеспечивающие воспитание стремления соблюдать правила безопасного ведения работ.
- Обеспечить условия для воспитания творческого отношения к избранной профессии.
- Способствовать формированию научного мировоззрения.
- Создать условия, обеспечивающие формирование у обучающихся навыков самоконтроля.
- Способствовать овладению необходимыми навыками самостоятельной учебной деятельности.

Любой урок как звено системы обучения обладает определённым воспитательным потенциалом — совокупностью имеющихся возможностей для воспитания обучающихся.

Воспитательный потенциал урока включает следующие группы возможностей:

- 1) воспитательные возможности организации урока (возможности для воспитания школьников, имеющиеся на уроке независимо от учебного предмета и темы конкретного урока);
- 2) воспитательные возможности, обусловленные спецификой учебного предмета;
- 3) воспитательные возможности содержания образования на уроке, которые зависят от темы данного урока, его образовательных и развивающих целей и задач.

СХЕМА АНАЛИЗА ПРОЦЕССА ВОСПИТАНИЯ НА УРОКЕ

I. Использование воспитательных возможностей организации урока.

1. Воспитание интереса к учению, к процессу познания (способы создания и поддержания интереса, активизации познавательной деятельности обучающихся).
2. Воспитание сознательной дисциплины (умение учителя показать важность учебно-познавательной деятельности, учебной и трудовой дисциплины).
3. Формирование умений и навыков организации обучающимися своей деятельности (организация самостоятельной работы обучающихся, соблюдение техники безопасности и гигиенических правил, связанных с осанкой и организацией рабочего места).
4. Воспитание культуры общения (организация общения на уроке, формирование педагогом умений слушать, высказывать и аргументировать своё мнение).
5. Формирование и развитие оценочных умений (комментирование оценок педагогом, обсуждение оценок с обучающимися, коллективное оценивание, взаимопроверка и оценивание друг друга обучающимися).

6. Воспитание гуманности (характер отношений «учитель — ученик», регулирование педагогом отношений между обучающимися).

II. Использование воспитательных возможностей, обусловленных спецификой учебного предмета.

III. Использование воспитательных возможностей содержания образования (связывание педагогом учебного материала с жизнью, с потребностями обучающихся, с общественной моралью, с актуальными нравственными проблемами).

IV. Выводы.

1. Достижение воспитательной цели урока (доминирующая воспитательная цель, её соответствие теме и форме урока, возрасту обучающихся, особенностям данного класса; способы поэтапного достижения цели в течение урока: формы, методы, приёмы воспитания).

2. Включение урока в воспитательную систему школы (соответствие решаемых на уроке воспитательных задач проблеме, над которой работает педагогический коллектив; связь с текущей воспитательной работой школы, с проходящими в данный период общешкольными воспитательными делами).

3. Общие выводы о воспитательной ценности урока (степень реализации воспитательного потенциала данного урока, возможные пути повышения педагогом эффективности воспитания обучающихся на уроке).

ПРЕДМЕТНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

На уровне среднего общего образования в соответствии с ФГОС СОО, помимо традиционных двух групп результатов «Выпускник научится» и «*Выпускник получит возможность научиться*», что ранее делалось в структуре ПООП начального и основного общего образования, появляются ещё две группы результатов: результаты базового и углублённого уровней.

Логика представления результатов четырёх видов: «Выпускник научится — базовый уровень», «*Выпускник получит возможность научиться — базовый уровень*», «Выпускник научится — углублённый уровень», «*Выпускник получит возможность научиться — углублённый уровень*» — определяется следующей методологией.

Как и в основном общем образовании, группа результатов «Выпускник научится» представляет собой результаты, достижение которых обеспечивается учителем в отношении всех обучающихся, выбравших данный уровень обучения. Группа результатов «*Выпускник получит возможность научиться*» обеспечивается учителем в отношении части наиболее мотивированных и способных обучающихся, выбравших данный уровень обучения. При контроле качества образования группа заданий, ориентированных на оценку достижения планируемых результатов из блока «*Выпускник получит возможность научиться*», может включаться в материалы блока «Выпускник научится». Это позволит предоставить возможность обучающимся продемонстрировать овладение качественно иным уровнем достижений и выявлять динамику роста численности наиболее подготовленных обучающихся.

Принципиальным отличием результатов базового уровня от результатов углублённого уровня является их целевая направленность. Результаты базового уровня ориентированы на общую функциональную грамотность, получение компетентностей для повседневной жизни и общего развития. Эта группа результатов предполагает:

- понимание предмета, ключевых вопросов и основных составляющих элементов изучаемой предметной области, что обеспечивается не за счёт заучивания определений и правил, а посредством моделирования и постановки проблемных вопросов культуры, характерных для данной предметной области;
- умение решать основные практические задачи, характерные для использования методов и инструментария данной предметной области;
- осознание рамок изучаемой предметной области, ограниченности методов и инструментов, типичных связей с некоторыми другими областями знания.

Результаты углублённого уровня ориентированы на получение компетентностей для последующей профессиональной деятельности как в рамках данной предметной области, так и в смежных с ней областях. Эта группа результатов предполагает:

- овладение ключевыми понятиями и закономерностями, на которых строится данная предметная область, распознавание соответствующих им признаков и взаимосвязей, способность демонстрировать различные подходы к изучению явлений, характерных для изучаемой предметной области;
- умение решать как некоторые практические, так и основные теоретические задачи, характерные для использования методов и инструментария данной предметной области;
- наличие представлений о данной предметной области как целостной теории (совокупности теорий), об основных связях с иными смежными областями знаний.

Примерные программы учебных предметов построены таким образом, что предметные результаты базового уровня, относящиеся к разделу «*Выпускник получит возможность научиться*», соответствуют предметным результатам раздела «Выпускник научится» на углублённом уровне. Предметные результаты раздела «*Выпускник получит возможность научиться*» не выносятся на итоговую аттестацию, но при этом возможность их достижения должна быть предоставлена каждому обучающемуся.

В результате изучения учебного предмета «Физика» на уровне среднего общего образования:

Выпускник на базовом уровне научится:

- демонстрировать на примерах роль и место физики в формировании современной научной картины мира, в развитии современной техники и технологий, в практической деятельности людей;
- демонстрировать на примерах взаимосвязь между физикой и другими естественными науками;
- устанавливать взаимосвязь естественно-научных явлений и применять основные физические модели для их описания и объяснения;
- 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 др.) и формы научного познания (факты, законы, теории), демонстрируя на примерах их роль и место в научном познании;
- проводить прямые и косвенные измерения физических величин, выбирая измерительные приборы с учётом необходимой точности измерений, планировать ход измерений, получать значение измеряемой величины и оценивать относительную погрешность по заданным формулам;
- проводить исследования зависимостей 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 на базовом уровне 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 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.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

Глава I. Электромагнетизм (12 часов)

Содержание главы

Магнитное поле тока. Индукция магнитного поля. Сила Ампера. Электродвигатель. Сила Лоренца. Электромагнитная индукция. Правило Ленца. Самоиндукция. Магнитные свойства вещества. Переменный ток. Действующее значение переменного тока. *Индуктивное и ёмкостное сопротивления. Электрический резонанс¹*. Трансформатор. Производство и передача электроэнергии.

Учебные понятия

Магнитное поле, магнитная индукция, линия индукции магнитного поля, сила Ампера, правило буравчика, индукция магнитного поля, однородное магнитное поле, электрический двигатель, ротор, статор, заряженная частица, α -частица, β -частица, свободный электрон, сила Лоренца, правило левой руки, магнитно-гидродинамический генератор, плазма, индукционный ток, электромагнитная индукция, магнитный поток, правило Ленца, ЭДС электромагнитной индукции, самоиндукция, ЭДС индукции, ЭДС самоиндукции, индуктивность, ферромагнетик, магнитная проницаемость, парамагнетик, диамагнетик, домен, переменный ток, активное сопротивление, сторонняя сила, генератор переменного тока, действующее значение силы тока, действующее значение напряжения, действующее значение переменного тока, *индуктивность, индуктивное сопротивление, циклическая частота, ёмкость, ёмкостное сопротивление, конденсатор, электрический резонанс*, трансформатор, первичная обмотка, вторичная обмотка, повышающий трансформатор, понижающий трансформатор, гидрогенератор, турбогенератор.

Персоналии

Н. Тесла, Х. Лоренц, М. Фарадей, Г.Х. Эрстед, Э.Х. Ленц.

Демонстрации

1. Опыт Эрстеда.
2. Действие силы Ампера на проводник с током.
3. Действие силы Лоренца.
4. Вращение рамки с током в магнитном поле.
5. Явление электромагнитной индукции.
6. Явление самоиндукции при замыкании и размыкании цепи.
7. Кольцо Ленца.
8. Намагничивание железа.
9. Осциллограмма переменного тока.
10. Возникновение ЭДС при вращении рамки в магнитном поле.
11. Генератор постоянного и переменного тока.
12. Повышение и понижение напряжения переменного тока трансформатором.
13. Индуктивность и ёмкость в цепи переменного тока.
14. Резонанс в электрической цепи.

Лабораторная работа

Изучение явления электромагнитной индукции.

Глава II. Электромагнитные колебания и волны (8 часов)

Содержание главы

¹ Курсивом выделены темы для ознакомительного изучения.

Свободные электромагнитные колебания. Колебательный контур. *Автоколебательная система*. Электромагнитные волны. Физические основы радиопередачи и радиоприёма. Принципы телевидения.

Учебные понятия

Электромагнитные колебания, формула Томсона, период колебания энергии, автоколебания, радиоволна, гамма-лучи, электромагнитное излучение, электромагнитное поле, электромагнитная волна, колебательный контур, закрытый колебательный контур, открытый колебательный контур, колебание высокой частоты, радиолокация, амплитудно-модулированное колебание высокой частоты, радиопередатчик, микрофон, генератор электромагнитных колебаний высокой частоты, модулятор, антенна, заземление, радиоприёмник, детектор, полупроводниковый диод, громкоговоритель, электрический резонанс, конденсатор постоянной ёмкости, демодуляция, телефон, радиоприёмник Попова, когерер, видикон, кинескоп, пиксель.

Персоналии

Дж. Максвелл, Г. Герц, А.С. Попов.

Демонстрации

1. Затухающие колебания в колебательном контуре.
2. Генератор незатухающих колебаний.
3. Детекторный радиоприёмник.
4. Свойства электромагнитных волн.

Лабораторная работа

Сборка детекторного радиоприёмника из отдельных узлов.

Глава III. Волновые свойства света (16 часов)

Содержание главы

Скорость света и её опытное определение. Законы отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение света. Линзы. Формула тонкой линзы. Оптические приборы. Дисперсия света. Интерференция света. Дифракция света. Дифракционная решётка. Поляризация света. Шкала электромагнитных волн.

Учебные понятия

Скорость света, астрономический метод определения скорости света, опыт Физо, оптически более плотная среда, принцип Гюйгенса, источник вторичных волн, геометрическая оптика, падающий луч, угол падения, отражённый луч, угол отражения, закон отражения света, преломлённый луч, угол преломления, относительный показатель преломления, закон преломления света, абсолютный показатель преломления, полное внутреннее отражение, предельный угол полного отражения, волоконная оптика, световод, микроскоп, телескоп, линза, сферическая поверхность ограничивающая линзу, главная оптическая ось линзы, фокус линзы, главный фокус линзы, побочный фокус линзы, фокусное расстояние, действительное изображение, мнимое изображение, перевёрнутое изображение, прямое изображение, уменьшенное изображение, увеличенное изображение, формула тонкой линзы, увеличение линзы, оптическая сила линзы, микроскоп, объектив, окуляр, волновая теория света, дифракция света, телескоп-рефрактор, спектр, дисперсия света, монохроматический свет, длины световой волны, интерференция света, бипризма Френеля, когерентный источник света, интерференционный максимум, интерференционный минимум, оптическая разность хода, интерферометр, просветление оптики, область геометрической тени, дифракционный спектр, дифракционная решётка, период дифракционной решётки, поляризация света, турмалин, поляризатор, анализатор, герпатит, шкала электромагнитных волн, видимое излучение, инфракрасное излучение, ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение, гамма-излучение, радиоволна, ионосфера, терагерцевое излучение, фотосинтез.

Персоналии

О. Рёмер, И. Физо, А. Майкельсон, Х. Гюйгенс, И. Ньютон, О. Френель, У. Гершель, П.Н. Лебедев, И. Риттер, В. Рентген.

Демонстрации

1. Зеркальное и диффузное отражение света.
2. Законы отражения света.

3. Явление преломления света.
4. Прохождение света через плоскопараллельную пластинку и призму.
5. Полное внутреннее отражение света.
6. Ход лучей в собирающей линзе.
7. Ход лучей в рассеивающей линзе.
8. Дисперсия света.
9. Интерференция света.
10. Дифракция света.
11. Дифракционные решётки с различным периодом.
12. Поляризация света.

Лабораторные работы

1. Определение показателя преломления стекла.
2. Определение оптической силы собирающей линзы.
3. Наблюдение явлений интерференции и дифракции света.
4. Определение длины световой волны.

Глава IV. Современные физические теории (8 часов)

Содержание главы

Постулаты специальной теории относительности. Некоторые следствия из постулатов Эйнштейна. Релятивистский закон сложения скоростей. Полная энергия. Энергия покоя. Принцип соответствия. Гипотеза Планка о квантах. Фотоэффект. Законы фотоэффекта. Фотон. Давление света. Корпускулярно-волновой дуализм. Давление света.

Учебные понятия

Эфирный ветер, скорость света, релятивистский эффект, относительность расстояния, относительность промежутка времени, релятивистский закон сложения скоростей, полная энергия тела, масса покоя, энергия покоя, закон взаимосвязи массы и энергии, принцип соответствия, фотоэффект, электрон, сила фототока, фототок насыщения, интенсивность света, кинетическая энергия фотоэлектронов, частота излучения, катод, красная граница фотоэффекта, первый закон фотоэффекта, второй закон фотоэффекта, третий закон фотоэффекта, квант энергии, постоянная Планка, фотон, уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, корпускулярно-волновой дуализм, квантовая механика, давление света.

Персоналии

А. Майкельсон, Э. Морли, А. Эйнштейн, А.Г. Столетов, М. Планк, Л. де Бройль.

Демонстрации

1. Потеря цинковой пластинкой отрицательного заряда под действием ультрафиолетового излучения.
2. Фотоэлемент.
3. Фотореле.
4. Радиометр Крукса.

Глава V. Физика атома и атомного ядра (15 часов)

Содержание главы

Модели строения атома. Опыты Резерфорда. Постулаты Бора. Спектры и спектральный анализ. Объяснение линейчатого спектра водорода на основе квантовых постулатов Бора. Методы наблюдения и регистрации заряженных частиц. Состав и строение атомного ядра. Свойства ядерных сил. Энергия связи атомных ядер. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Свойства ионизирующих излучений. Доза излучения. Ядерные реакции. Цепная реакция деления ядер. Ядерная энергия. Термоядерный синтез. Элементарные частицы. Фундаментальные взаимодействия.

Учебные понятия

Атом, ядро, естественная радиоактивность, радий, полоний, α -излучение, β -излучение, γ -излучение, модель атома Томсона, модель атома Резерфорда, теория Бора, стационарная орбита, стационарное состояние атома, возбуждённое состояние атома, первый постулат Бора, условие квантования орбит, второй постулат Бора, сплошной спектр, спектроскоп, трёхгранная призма, спектрограф, линейчатый спектр, спектр поглощения, спектральный анализ, люминесценция, сцинтилляция, метод сцинтилляций, счётчик

Гейгера, камера Вильсона, трек, пузырьковая камера, перегретая жидкость, метод толстослойных фотоэмульсий, протон, нейтрон, нуклон, зарядовое число, ядерная реакция, радиоактивный распад, закон сохранения зарядового числа, закон сохранения массового числа, ядерная сила, сильное взаимодействие, естественная радиоактивность, альфа-распад, бета-распад, электронное антинейтрино, искусственная радиоактивность, закон радиоактивного распада, период полураспада, доза излучения, изотоп, метод меченых атомов, энергия связи атомного ядра, дефект масс, удельная энергия связи, деление тяжёлых ядер, синтез лёгких ядер, цепная ядерная реакция, коэффициент размножения нейтронов, критическая масса, ядерный реактор, поглотитель, замедлитель, теплоноситель, отражатель нейтронов, плутоний, элементарная частица, фотон, лептон, нейтрино, мезон, пион, барион, гиперон, адрон, резонанс, античастица, антиэлектрон, позитрон, аннигиляция, антипротон, антиатом, Большой адронный коллайдер, космический луч, первичный космический луч, вторичное излучение, кварк, электромагнитное взаимодействие, сильное взаимодействие, слабое взаимодействие, гравитационное взаимодействие, бозон, глюон, гравитон.

Персоналии

А. Беккерель, П. Кюри, М. Кюри, Э. Резерфорд, Д.И. Менделеев, Н. Бор, И.Я. Бальмер, П.Л. Капица, Д.В. Скобельцын, Д. Чедвик, Д.Д. Иваненко, В. Гейзенберг, В. Паули, Э. Ферми, Ф. Жолио-Кюри, И. Жолио-Кюри, И.В. Курчатов, П. Дирак, К. Андерсон, М. Гелл-Манн, Дж. Цвейг.

Демонстрации

1. Наблюдение линейчатых спектров.
2. Счётчик ионизирующих излучений.
3. Камера Вильсона.
4. Измерение радиационного фона бытовым дозиметром.

Глава VI. Строение Вселенной (7 часов)

Содержание главы

Космические исследования. Солнечная система. Природа Солнца и звёзд, источники энергии. Физические характеристики звёзд. Происхождение и эволюция звёзд. Галактики. Наша Галактика и место Солнечной системы в ней. Вселенная. Расширение Вселенной.

Учебные понятия

Астрономия, Солнечная система, планета, спутник, комета, астероид, метеорное тело, планета-гигант, планета земной группы, астрономическая единица, первый закон Кеплера, перигелий, афелий, второй закон Кеплера, радиус-вектор планеты, период обращения планеты, большая полуось орбиты, третий закон Кеплера, светимость, угловой диаметр, ядро, лучистая зона, зона конвекции, атмосфера, фотосфера, грануляция, солнечное пятно, факел, солнечная активность, солнечная корона, протуберанец, диаграмма Герцшпрунга — Рассела, главная последовательность, жёлтый карлик, последовательность гигантов, красный гигант, белый карлик, сверхгигант, нейтронная звезда, чёрная дыра, вторая космическая скорость, гравитационный радиус, двойная звезда, новая звезда, сверхновая звезда, галактика, коричневый карлик, планетарная туманность, звёздная туманность, белый карлик, взрыв сверхновой звезды, квазар, рассеянное скопление, плеяда, шаровое скопление, спектральный анализ излучения, эффект Доплера, красное смещение, закон Хаббла, постоянная Хаббла, замкнутая Вселенная, открытая Вселенная, теория Большого взрыва, сингулярность, эра, адронная эра, лептонная эра, эра излучения, реликтовое излучение.

Персоналии

Ю.А. Гагарин, О.Ю. Шмидт, И. Кеплер, П. Лаплас, Э.П. Хаббл, А.А. Фридман, А. Гут, П. Стейнхардт, А.Д. Линде, Г.А. Гамов.

Перечень контрольных работ

Контрольная работа по теме «Электромагнитные явления».

Контрольная работа по теме «Волновые свойства света».

Контрольная работа по теме «Современные физические теории».

Контрольная работа по теме «Физика атома и атомного ядра».

Резерв времени (4 часа)

УЧЕБНЫЙ ПЛАН

Учебный план реализует один из возможных подходов к распределению учебного времени на изучение содержания курса физики в 11 классе. Он носит рекомендательный характер и не исключает возможности иного распределения часов по усмотрению педагога.

В примерном учебном (тематическом) планировании содержание разбито на темы занятий. Распределение учебного времени представлено из расчёта два учебных часа в неделю в 11 классе в течение всего учебного года при изучении предмета на базовом уровне. Общее количество часов за год обучения — 70.

№ п/п	№ урока в главе	Главы, темы	Количество часов			
			Всего	Теоретические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы
Глава I. Электромагнетизм			12	10	1	1
1	1	Магнитное поле тока. Индукция магнитного поля	1	1		
2	2	Решение задач	1	1		
3	3	Сила Лоренца	1	1		
4	4	Электромагнитная индукция	1	1		
5	5	Лабораторная работа 1. Изучение явления электромагнитной индукции	1		1	
6	6	Самоиндукция	1	1		
7	7	Переменный ток	1	1		
8	8	Индуктивное и ёмкостное сопротивления. Электрический резонанс	1	1		
9	9	Трансформатор. Производство и передача электроэнергии	1	1		
10	10	Решение задач	1	1		
11	11	Повторительно-обобщающий урок по теме «Электромагнетизм»	1	1		
12	12	Контрольная работа по теме «Электромагнетизм»	1			1
Глава II. Электромагнитные колебания и волны			8	7	1	
13	1	Свободные электромагнитные колебания § 8	1	1		
14	2	Автоколебательная система	1	1		
15	3	Электромагнитные волны	1	1		
16	4	Радиопередача и радиоприём	2	2		
17	5					

№ п/п	№ урока в главе	Главы, темы	Количество часов			
			Всего	Теоретические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы
18	6	Лабораторная работа 2. Сборка детекторного радиоприёмника из отдельных узлов	1		1	
19	7	Решение задач	1	1		
20	8	Повторительно-обобщающий урок по теме «Электромагнитные колебания и волны»	1	1		
Глава 3. Волновые свойства света			16	11	4	1
21	1	Скорость света и её опытное определение	1	1		
22	2	Законы отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение Решение задач	1	1		
23	3	Лабораторная работа 3. Определение показателя преломления стекла	1		1	
24	4	Линзы	1	1		
25	5	Решение задач	1	1		
26	6	Лабораторная работа 4. Определение оптической силы собирающей линзы	1		1	
27	7	Дисперсия света	1	1		
28	8	Интерференция света	1	1		
29	9	Дифракция света	1	1		
30	10	Лабораторная работа 5. Наблюдение явлений интерференции и дифракции света	1		1	
31	11	Лабораторная работа 6. Определение длины световой волны	1		1	
32	12	Поляризация света	1	1		
33	13	Шкала электромагнитных волн	1	1		
34	14	Решение задач	1	1		
35	15	Повторительно-обобщающий урок по теме «Волновые свойства света»	1	1		
36	16	Контрольная работа по теме «Волновые свойства света»	1			1

№ п/п	№ урока в главе	Главы, темы	Количество часов			
			Всего	Теоретические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы
Глава IV. Современные физические теории			8	7		1
37	1	Постулаты специальной теории относительности	1	1		
38	2	Некоторые следствия из постулатов теории относительности Эйнштейна	1	1		
39	3	Решение задач	1	1		
40	4	Фотоэффект	1	1		
41	5	Фотоны. Корпускулярно-волновой дуализм. Давление света	1	1		
42	6	Решение задач	1	1		
43	7	Повторительно-обобщающий урок по теме «Современные физические теории»	1	1		
44	8	Контрольная работа по теме «Современные физические теории»	1			1
Глава V. Физика атома и атомного ядра			15	14		1
45	1	Модели строения атома. Постулаты Бора	1	1		
46	2	Спектры и спектральный анализ	1	1		
47	3	Решение задач	1	1		
48	4	Методы наблюдения и регистрации частиц	1	1		
49	5	Состав атомных ядер	1	1		
50	6	Решение задач	1	1		
51	7	Радиоактивность	1	1		
52	8	Решение задач	1	1		
53	9	Радиоактивные изотопы. Энергия связи атомных ядер	1	1		
54	10	Решение задач	1	1		
55	11	Ядерная энергия	1	1		
56	12	Элементарные частицы	1	1		
57	13	Решение задач	1	1		
58	14	Повторительно-обобщающий урок по теме «Физика атома и атомного ядра»	1	1		
59	15	Контрольная работа по теме «Физика атома и атомного ядра»	1			1

№ п/п	№ урока в главе	Главы, темы	Количество часов			
			Всего	Теоретические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы
Глава VI. Строение Вселенной			7	7		
60	1	Космические исследования. Солнечная система	1	1		
61	2	Природа Солнца и звёзд. Физические характеристики звёзд	2	2		
62	3					
63	4	Происхождение и эволюция звёзд	1	1		
64	5	Галактики. Наша Галактика	1	1		
65	6	Вселенная. Расширение Вселенной	1	1		
66	7	Повторительно-обобщающий урок по теме «Строение Вселенной»	1	1		
Резерв времени			4	4		
ИТОГО			70	60	6	4

ПОУРОЧНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Глава I. Электромагнетизм (12 часов)

№ урока/количество часов	1.1/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Магнитное поле тока. Индукция магнитного поля / § 1	
Тип урока	Урок освоения новых знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование представлений о магнитном поле тока и его характеристиках	
Понятия, термины	Вектор магнитной индукции, линии магнитной индукции, магнитное поле, правило буравчика, правило левой руки, индукция магнитного поля, однородное магнитное поле, магнитный поток, электрический двигатель постоянного тока, ротор, статор	
Виды учебной деятельности	Вычисление индукции магнитного поля, силы Ампера и магнитного потока. Использование мнемонических правил (буравчика и левой руки)	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: вектор магнитной индукции, линии магнитной индукции, магнитное поле, правило буравчика, правило левой руки, индукция магнитного поля, однородное магнитное поле, магнитный поток, электрический двигатель постоянного тока, ротор, статор; <i>знать</i> свойства однородного поля, устройство и принцип действия постоянного тока; <i>уметь определять</i> направление линий индукции магнитного поля, <i>рассчитывать</i> индукцию магнитного поля, силу Ампера, магнитный поток
	метапредметные	<i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	2.2/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Решение задач	
Тип урока	Урок применения знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование умения решать физические задачи по теме «Магнитное поле тока. Индукция магнитного поля»	
Понятия, термины	Все понятия и термины темы «Магнитное поле тока. Индукция магнитного поля»	
Виды учебной деятельности	Решение задач	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Решать</i> физические задачи в соответствии с поставленными условиями на основе полученных знаний по теме «Магнитное поле тока. Индукция магнитного поля» <i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми. Развёрнуто, логично и точно <i>излагать</i> свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	метапредметные	
	личностные	<i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	3.3/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Сила Лоренца / § 2	
Тип урока	Урок освоения новых знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование представлений о силе Лоренца	
Понятия, термины	Сила Лоренца	
Виды учебной деятельности	Вычисление силы Лоренца	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия: сила Лоренца; <i>знать</i> формулу для расчёта силы Лоренца, при каком условии вещество превращается в плазму; <i>уметь сравнивать</i> силу Ампера и силу Лоренца, <i>определять</i> значение и направление силы Лоренца
	метапредметные	<i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. <i>Выстраивать</i> индивидуальную образовательную траекторию, учитывая ограничения со стороны других участников и ресурсные ограничения. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки. <i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию.

№ урока/количество часов	4.4/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Факт:
Тип урока	Электромагнитная индукция / § 3
Целевая установка	Комбинированный урок
Понятия, термины	Формирование представлений о явлении электромагнитной индукции и условиях возникновения индукционного тока
Виды учебной деятельности	Электромагнитная индукция, индукционный ток, правило Ленца, закон электромагнитной индукции, индукционное электрическое поле, ЭДС индукции
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	Изучение опытов Ленца и закона электромагнитной индукции. Определение направления индукционного тока
	предметные <i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: электромагнитная индукция, индукционный ток, правило Ленца, закон электромагнитной индукции, индукционное электрическое поле, ЭДС индукции; <i>знать</i> способы изменения магнитного потока, причину возникновения индукционного тока; <i>уметь описывать</i> опыты Ленца, <i>сравнивать</i> индукционное электрическое поле и электростатическое поле, <i>вычислять</i> ЭДС индукции
	метапредметные <i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	5.5/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	<i>Лабораторная работа 1. Изучение явления электромагнитной индукции</i>	
Тип урока	Урок применения знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование умений и навыков проведения наблюдений при изучении явления электромагнитной индукции	
Понятия, термины	Индукционный ток, катушка, магнит, миллиамперметр	
Виды учебной деятельности	Исследование явления электромагнитной индукции	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: индукционный ток, катушка, магнит, миллиамперметр; <i>уметь</i> схематически <i>изображать</i> проделанные опыты, <i>делать</i> выводы по наблюдаемым явлениям <i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. При осуществлении групповой работы <i>быть</i> как руководителем, так и членом команды в разных ролях. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	метапредметные	
	личностные	<i>Готовность</i> к научно-техническому творчеству. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	6.6/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Факт: Самоиндукция / § 4
Тип урока	Урок освоения новых знаний и видов учебных действий
Целевая установка	Формирование представлений о явлении самоиндукции и его использования в технике
Понятия, термины	Самоиндукция, ЭДС самоиндукции, ферромагнетизм, магнитная проницаемость, парамагнетизм, диамагнетизм
Виды учебной деятельности	Изучение явления самоиндукции
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные <i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: самоиндукция, ЭДС самоиндукции, ферромагнетизм, магнитная проницаемость, парамагнетизм, диамагнетизм; <i>знать</i> , от чего зависит модуль ЭДС самоиндукции; <i>уметь рассчитывать</i> энергию магнитного поля катушки с током и индуктивность в цепи, <i>сравнивать</i> магнитную проницаемость и свойства ферромагнетиков, диамагнетиков и парамагнетиков
	метапредметные <i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
	личностные <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	7.7/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Переменный ток / § 5	
Тип урока	Комбинированный урок	
Целевая установка	Формирование представлений о получении и использовании переменного электрического тока	
Понятия, термины	Генератор переменного тока, активное сопротивление, ротор, статор, действующие значения силы тока и напряжения	
Виды учебной деятельности	Объяснение устройства, назначения и принципа действия генератора переменного тока	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: генератор переменного тока, активное сопротивление, ротор, статор, действующие значения силы тока и напряжения; <i>знать</i> устройство простейшего генератора переменного тока; <i>уметь объяснять</i> зависимость частоты переменного тока от частоты вращения ротора, <i>вычислять</i> действующее значение силы тока
	метапредметные	Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Менять</i> и <i>удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные	<i>Готовность</i> к научно-техническому творчеству. <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	8.8/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	<i>Индуктивное и ёмкостное сопротивление. Электрический резонанс / § 6</i>	
Тип урока	Комбинированный урок	
Целевая установка	Формирование представлений о сопротивлениях цепи переменного тока и электрическом резонансе	
Понятия, термины	Индуктивное сопротивление, ёмкость цепи переменного тока, ёмкостное сопротивление, электрический резонанс	
Виды учебной деятельности	Изучение явления электрического резонанса. Вычисление индуктивного и ёмкостного сопротивлений в цепи переменного тока	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: индуктивное сопротивление, ёмкость цепи переменного тока, ёмкостное сопротивление, электрический резонанс; <i>знать</i> условия возникновения электрического резонанса; <i>уметь объяснить</i> зависимость индуктивного сопротивления от частоты переменного тока и индуктивности катушки, зависимость ёмкостного сопротивления от частоты переменного тока и ёмкости конденсатора, <i>вычислять</i> индуктивное и ёмкостное сопротивление цепи переменного тока, резонансную частоту
	метапредметные	<i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	9,9/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Трансформатор. Производство и передача электроэнергии / § 7	
Тип урока	Комбинированный урок	
Целевая установка	Формирование представлений об устройстве, назначении и принципе работы трансформатора	
Понятия, термины	Трансформатор, коэффициент трансформации, гидрогенератор, турбогенератор	
Виды учебной деятельности	Объяснение устройства, назначения и принципа действия трансформатора. Вычисление коэффициента трансформации	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: трансформатор, коэффициент трансформации, гидрогенератор, турбогенератор; <i>знать</i> устройство, принцип работы повышающего и понижющего трансформаторов; <i>уметь изображать</i> схему передачи электроэнергии от генератора до потребителя, <i>рассчитывать</i> коэффициент трансформации
	метапредметные	<i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Готовность</i> к научно-техническому творчеству. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	10.10/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Решение задач
Тип урока	Урок применения знаний и видов учебных действий
Целевая установка	Формирование умения решать физические задачи по теме «Электромагнетизм»
Понятия, термины	Все понятия и термины темы «Электромагнетизм»
Виды учебной деятельности	Решение задач
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные <i>Решать</i> физические задачи в соответствии с поставленными условиями на основе полученных знаний по теме «Электромагнетизм»
	метапредметные <i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми. Развёрнуто, логично и точно <i>излагать</i> свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные <i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	11.11/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Факт:
Тип урока	Повторительно-обобщающий урок по теме «Электромагнетизм»
Целевая установка	Урок обобщения, систематизации и закрепления знаний и умений выполнять учебные действия
Понятия, термины	Обобщение и систематизация знаний по теме «Электромагнетизм»
Виды учебной деятельности	Все понятия и термины темы «Электромагнетизм»
планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные <i>Использовать</i> полученные знания и умения по теме «Электромагнетизм» для объяснения физических явлений и в повседневной жизни (быт, экология, охрана здоровья, охрана окружающей среды, техника безопасности и др.)
	метапредметные Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и осуществлять целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Менять</i> и <i>удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми. Развёрнуто, логично и точно <i>излагать</i> свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личных оценочных суждений
	личностные <i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества

№ урока/количество часов	12.12/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Факт:
Тип урока	Контрольная работа по теме «Электромагнетизм»
Целевая установка	Урок развивающего контроля
Понятия, термины	Диагностика уровня сформированности знаний и умений по теме «Электромагнетизм»
Виды учебной деятельности	Все понятия и термины теме «Электромагнетизм»
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	Решение задач
	<i>Решать</i> физические задачи в соответствии с поставленными условиями на основе полученных знаний по теме «Электромагнетизм» <i>Искать</i> и <i>находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Менять</i> и <i>удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. <i>Выстраивать</i> индивидуальную образовательную траекторию, учитывая ограничения со стороны других участников и ресурсные ограничения. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью
	предметные метапредметные
личностные	Готовность и способность к образованию, в том числе самообразованию

Глава II. Электромагнитные колебания и волны (8 часов)

№ урока/количество часов	13.1/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Свободные электромагнитные колебания / § 8	
Тип урока	Урок освоения новых знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование представлений об электромагнитных колебаниях	
Понятия, термины	Электромагнитные колебания, свободные электромагнитные колебания, формула Томсона	
Виды учебной деятельности	Наблюдение осциллограммы гармонических колебаний напряжения и силы тока в цепи. Изучение процессов, происходящих в колебательном контуре	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: электромагнитные колебания, свободные электромагнитные колебания, формула Томсона; <i>знать</i>, как можно сообщить колебательному контуру первоначальный запас энергии, каким образом можно увеличить частоту электромагнитных колебаний в контуре; <i>уметь описывать</i> процессы, происходящие в колебательном контуре, по четвертям периода, <i>рассчитывать</i> период свободных колебаний в колебательном контуре
	метапредметные	<i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существующих связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	14.2/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	<i>Автоколебательная система / § 9</i>	
Тип урока	Комбинированный урок	
Целевая установка	Формирование представлений об автоколебаниях	
Понятия, термины	Автоколебания, генератор незатухающих колебаний	
Виды учебной деятельности	Изучение устройства и принципа работы генератора незатухающих колебаний	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: автоколебания, генератор незатухающих колебаний; <i>знать</i> основные элементы генератора незатухающих колебаний на транзисторе и их функции; <i>уметь изображать</i> схему генератора незатухающих колебаний, <i>описывать</i> работу автоколебательного контура по четвертям периода
	метапредметные	<i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные	<i>Готовность</i> к научно-техническому творчеству. <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	15.3/1	План:	Факт:
Дата проведения урока			
Тема урока / № параграфа	Электромагнитные волны / § 10		
Тип урока	Комбинированный урок		
Целевая установка	Формирование представлений об электромагнитном поле и электромагнитной волне		
Понятия, термины	Электромагнитное поле, электромагнитная волна, закрытый колебательный контур, открытый колебательный контур, радиоволна, радиолокация		
Виды учебной деятельности	Изучение свойств электромагнитных волн		
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: электромагнитное поле, электромагнитная волна, закрытый и открытый колебательные контуры, радиоволна, радиолокация; <i>знать</i>, как образуется электромагнитное поле, что является источником электромагнитной волны, отличия открытого от закрытого колебательного контура, свойства электромагнитных волн, формулу для расчёта длины электромагнитной волны; <i>уметь приводить</i> примеры источников электромагнитных волн, <i>рассчитывать</i> длину электромагнитной волны	
	метапредметные	Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Менять</i> и <i>удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми	
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки	

№ урока/количество часов	16.4–17.5/2	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Радиопередача и радиоприём / § 11	
Тип урока	Комбинированный урок	
Целевая установка	Формирование представлений о радиопередаче и радиоприёме	
Понятия, термины	Радиопередача, амплитудная модуляция, радиопередатчик, радиоприёмник, микрофон, генератор электромагнитных колебаний, модулятор, антенна, детектор, динамик, электрический резонанс, колебательный контур, конденсатор постоянной ёмкости, телефон, когерер, вибрион, кинескоп	
Виды учебной деятельности	Объяснение принципов радиосвязи и телевидения	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: радиопередача, амплитудная модуляция, радиопередатчик, радиоприёмник, микрофон, генератор электромагнитных колебаний, модулятор, антенна, детектор, динамик, электрический резонанс, колебательный контур, конденсатор постоянной ёмкости, телефон, радиоприёмник Попова, когерер, вибрион, кинескоп; <i>знать</i> , как можно получить незатухающие электромагнитные колебания в открытом колебательном контуре, основные элементы радиопередатчика и радиоприёмника, их назначение, устройство, достоинства и недостатки детекторного радиоприёмника, роль когерера; <i>уметь изображать</i> схему «Принципы радиосвязи»
	метапредметные	<i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные	<i>Готовность</i> к научно-техническому творчеству. <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	18.6/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Лабораторная работа 2. Сборка детекторного радиоприёмника из отдельных узлов	
Тип урока	Урок применения знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование умений и навыков сборки детекторного радиоприёмника из отдельных узлов	
Понятия, термины	Конденсатор переменной ёмкости, катушка индуктивности, полупроводниковый диод, конденсатор постоянной ёмкости, антенна, усилитель низкой частоты	
Виды учебной деятельности	Изучение устройства и принципа работы детектора	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	Формулировать и объяснять понятия и термины: конденсатор переменной ёмкости, катушка индуктивности, полупроводниковый диод, конденсатор постоянной ёмкости, антенна, усилитель низкой частоты; уметь собирать электрическую цепь по рисунку, настраивать собранный радиоприёмник на частоту какой-либо радиостанции
	метапредметные	Выходить за рамки учебного предмета и осуществлять целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. Менять и удерживать разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно определять цели, задавать параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. Оценивать возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. Ставить и формулировать собственные задачи в образовательной деятельности. Оценивать ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. Выбирать путь достижения цели, планировать решение поставленных задач. Организовывать эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. Сопоставлять полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. При осуществлении групповой работы быть как руководителем, так и членом команды в разных ролях. Выстраивать деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные	Готовность к научно-техническому творчеству. Готовность и способность к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	19.7/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Решение задач	
Тип урока	Урок применения знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование умения решать физические задачи по теме «Электромагнитные колебания и волны»	
Понятия, термины	Все понятия и термины темы «Электромагнитные колебания и волны»	
Виды учебной деятельности	Решение задач	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Решать</i> физические задачи в соответствии с поставленными условиями на основе полученных знаний по теме «Электромагнитные колебания и волны» <i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми. Развёрнуто, логично и точно <i>излагать</i> свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	метапредметные	
	личностные	<i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	20.8/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Повторительно-обобщающий урок по теме «Электромагнитные колебания и волны»	
Тип урока	Урок обобщения, систематизации и закрепления знаний и умений выполнять учебные действия	
Целевая установка	Обобщение и систематизация знаний по теме «Электромагнитные колебания и волны»	
Понятия, термины	Все понятия и термины темы «Электромагнитные колебания и волны»	
Виды учебной деятельности	Повторение и обобщение по теме «Электромагнитные колебания и волны»	
планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Использовать</i> полученные знания и умения по теме «Электромагнитные колебания и волны» для объяснения физических явлений и в повседневной жизни (быт, экология, охрана здоровья, охрана окружающей среды, техника безопасности и др.)
	метапредметные	Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Менять</i> и <i>удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми. Развёрнуто, логично и точно <i>излагать</i> свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества

Глава III. Волновые свойства света (16 часов)

№ урока/количество часов	21.1/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Скорость света и её опытное определение / § 12	
Тип урока	Урок освоения новых знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование представлений о методах определения скорости света	
Понятия, термины	Опыт Физо, опыт Майкельсона, оптическая плотность среды	
Виды учебной деятельности	Описание методов определения скорости света	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: опыт Физо, опыт Майкельсона, оптическая плотность среды; <i>знать</i> отличия методов определения скорости света Майкельсона и Физо; <i>уметь описывать</i> астрономический метод определения скорости света
	метапредметные	Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	22.2/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Законы отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение / § 13	
Тип урока	Комбинированный урок	
Целевая установка	Формирование представлений об отражении и преломлении света	
Понятия, термины	Принцип Гюйгенса, плоская волна, закон отражения света, угол падения, угол отражения, угол преломления, закон преломления, относительный показатель преломления, абсолютный показатель преломления, полное внутреннее отражение	
Виды учебной деятельности	Доказательство законов отражения и преломления света с помощью принципа Гюйгенса. Применение законов геометрической оптики при решении задач	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: принцип Гюйгенса, плоская волна, закон отражения света, угол падения, угол отражения, угол преломления, закон преломления, относительный показатель преломления, абсолютный показатель преломления, полное внутреннее отражение; <i>знать</i> условие, при котором свет не преломляется, условия, необходимые для наблюдения полного внутреннего отражения света; <i>уметь доказывать</i> , что световой луч, попадая из воздуха на трёхгранную стеклянную призму, отклоняется к основанию призмы, <i>рассчитывать</i> относительный и абсолютный показатели преломления
	метапредметные	<i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	23.3/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	<i>Лабораторная работа 3. Определение показателя преломления стекла</i>	
Тип урока	Урок применения знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование умений и навыков проводить прямые и косвенные измерения физических величин при определении показателя преломления стекла	
Понятия, термины	Показатель преломления, стеклянная пластина	
Виды учебной деятельности	Определение показателя преломления стекла	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: показатель преломления, стеклянная пластина; <i>уметь определять</i> показатель преломления стекла, <i>рассчитывать</i> относительную погрешность измерения
	метапредметные	<i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. При осуществлении групповой работы <i>быть</i> как руководителем, так и членом команды в разных ролях. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные	<i>Готовность</i> к научно-техническому творчеству. <i>Готовность</i> и способность к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	24.4/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Линзы / § 14
Тип урока	Урок освоения новых знаний и видов учебных действий
Целевая установка	Формирование представлений о линзе и её свойствах
Понятия, термины	Тонкая линза, главная оптическая ось, побочная оптическая ось, фокус, фокальная плоскость, формула тонкой линзы, увеличение линзы, микроскоп, объектив, окуляр, рефректор
Виды учебной деятельности	Построение изображений предметов, даваемых линзами
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные <i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: тонкая линза, главная оптическая ось, побочная оптическая ось, фокус линзы, фокальная плоскость, формула тонкой линзы, увеличение линзы, оптическая сила линзы, микроскоп, объектив, окуляр, телескоп, рефректор, рефлекс; <i>знать</i>, какие лучи можно использовать для построения изображения предмета в линзе, чем отличается телескоп-рефректор от телескопа-рефрактора; <i>уметь выводить</i> формулу тонкой линзы, <i>рассчитывать</i> увеличение линзы, оптическую силу линзы
	метапредметные <i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
	личностные <i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	25.5/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Решение задач	
Тип урока	Урок применения знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование умения решать физические задачи по теме «Линзы»	
Понятия, термины	Все понятия и термины темы «Линзы»	
Виды учебной деятельности	Решение задач	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Решать</i> физические задачи в соответствии с поставленными условиями на основе полученных знаний по теме «Линзы» <i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми. Развёрнуто, логично и точно <i>излагать</i> свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	метапредметные	
	личностные	<i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	26.6/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	<i>Лабораторная работа 4. Определение оптической силы собирающей линзы</i>	
Тип урока	Урок применения знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование умений и навыков проводить прямые и косвенные измерения физических величин при определении оптической силы собирающей линзы	
Понятия, термины	Фокусное расстояние, оптическая сила линзы	
Виды учебной деятельности	Измерение фокусного расстояния и оптической силы собирающей линзы	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: фокусное расстояние, оптическая сила линзы; <i>уметь измерять</i> фокусное расстояние линзы, <i>рассчитывать</i> оптическую силу линзы, <i>собирать</i> электрическую цепь <i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. При осуществлении групповой работы <i>быть</i> как руководителем, так и членом команды в разных ролях. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	метапредметные	
	личностные	<i>Готовность</i> к научно-техническому творчеству. <i>Готовность</i> и способность к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	27.7/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Дисперсия света / § 15	
Тип урока	Урок освоения новых знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование представлений о дисперсии света	
Понятия, термины	Дисперсия, монохроматический свет	
Виды учебной деятельности	Изучение явления дисперсии света	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: дисперсия, монохроматический свет; <i>знать</i> отличия световых волн разного цвета, на какие цвета делится спектр световых волн; <i>уметь описывать</i> опыты Ньютона, по изучению явления дисперсии света, <i>сравнивать</i> показатели преломления и скорости распространения в стеклянной призме световых волн красного и фиолетового цвета
	метапредметные	Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Менять</i> и <i>удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. <i>Выстраивать</i> индивидуальную образовательную траекторию, учитывая ограничения со стороны других участников и ресурсные ограничения. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	28.8/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Интерференция света / § 16	
Тип урока	Комбинированный урок	
Целевая установка	Формирование представлений об интерференции света и условиях её протекания	
Понятия, термины	Интерференция света, бипризмы Френеля, условия интерференционных максимума и минимума, оптическая разность хода, интерферометр	
Виды учебной деятельности	Изучение явления интерференции света	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснить</i> понятия и термины: интерференция света, бипризмы Френеля, условия интерференционных максимума и минимума, оптическая разность хода, интерферометр; <i>знать</i> условия интерференции, отличия интерференции света и интерференции волн на поверхности воды, механизм просветления оптики; <i>уметь объяснить</i> возникновение радужной окраски на поверхностях тонких плёнок
	метапредметные	Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Выстраивать</i> индивидуальную образовательную траекторию, учитывая ограничения со стороны других участников и ресурсные ограничения. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	29.9/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Дифракция света / § 17	
Тип урока	Комбинированный урок	
Целевая установка	Формирование представлений о дифракции света	
Понятия, термины	Дифракция света, дифракционная картина, дифракционная решётка, формула дифракционной решётки, дифракционные спектры	
Виды учебной деятельности	Изучение явления дифракции света	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: дифракция света, дифракционная картина, дифракционная решётка, формула дифракционной решётки, дифракционные спектры; <i>знать</i> условия наблюдения дифракции; <i>уметь объяснять</i> появление дифракционной картины, используя принцип Гюйгенса, <i>сравнивать</i> спектры, даваемые дифракционной решёткой и призмой спектроскопа, <i>определять</i> при помощи дифракционной решётки длину световой волны
	метапредметные	<i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. <i>Выстраивать</i> индивидуальную образовательную траекторию, учитывая ограничения со стороны других участников и ресурсные ограничения. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	30.10/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	<i>Лабораторная работа 5. Наблюдение явлений интерференции и дифракции света</i>	
Тип урока	Урок применения знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование умений и навыков проводить наблюдения при изучении явлений интерференции и дифракции света	
Понятия, термины	Интерференция света, дифракция света	
Виды учебной деятельности	Наблюдение явлений интерференции и дифракции света	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: интерференция света, дифракция света; <i>уметь изображать и объяснять</i> результаты наблюдений, <i>объяснять</i>, как меняется дифракционная картина при увеличении ширины щели
	метапредметные	<i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. При осуществлении групповой работы <i>быть</i> как руководителем, так и членом команды в разных ролях. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные	<i>Готовность</i> к научно-техническому творчеству. <i>Готовность</i> и способность к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	31.11/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Лабораторная работа 6. Определение длины световой волны	
Тип урока	Урок применения знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование умений и навыков проводить прямые и косвенные измерения физических величин при определении длины световой волны	
Понятия, термины	Дифракционная решётка, дифракционный спектр, длина световой волны	
Виды учебной деятельности	Определение длины световой волны с помощью дифракционной решётки	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: дифракционная решётка, дифракционный спектр, длина световой волны; <i>уметь рассчитывать</i> для каждого порядка спектра λ_g, $\sin$, длину волны излучения по первому, второму и третьему порядкам спектра, <i>находить</i> среднее значение длины волны света, <i>определять</i> относительную и абсолютную погрешности измерения
	метапредметные	<i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. При осуществлении групповой работы <i>быть</i> как руководителем, так и членом команды в разных ролях. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные	<i>Готовность</i> к научно-техническому творчеству. <i>Готовность</i> и способность к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	32.12/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Поляризация света / § 18	
Тип урока	Урок освоения новых знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование представлений о явлении поляризации света	
Понятия, термины	Естественный свет, поляризованный свет, поляризатор, анализатор, поляроиды	
Виды учебной деятельности	Изучение явления поляризации света	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: естественный свет, поляризованный свет, поляризатор, анализатор, поляроиды; <i>знать</i> свойство электромагнитных волн, подтверждающееся явлением поляризации света; <i>уметь доказывать</i> частичную поляризацию света при отражении от поверхности воды или стекла
	метапредметные	Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Менять</i> и <i>удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	33.13/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Шкала электромагнитных волн / § 19	
Тип урока	Комбинированный урок	
Целевая установка	Формирование представлений о спектре электромагнитных излучений	
Понятия, термины	Шкала электромагнитных волн, инфракрасное излучение, видимое излучение, ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение, гамма-излучение, фото-синтез	
Виды учебной деятельности	Изучение электромагнитных волн в порядке уменьшения длины волны	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: шкала электромагнитных волн, инфракрасное излучение, видимое излучение, ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение, гамма-излучение, радиоволны, терагерцевое излучение, фотосинтез; <i>знать</i> , как изменяются волновые и корпускулярные свойства излучений по мере уменьшения длины волны, отличия распространения радиоволн различной длины волны; <i>уметь описывать</i> диапазоны электромагнитного излучения
	метапредметные	<i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. <i>Выстраивать</i> индивидуальную образовательную траекторию, учитывая ограничения со стороны других участников и ресурсные ограничения. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	34.14/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Решение задач	
Тип урока	Урок применения знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование умения решать физические задачи по теме «Волновые свойства света»	
Понятия, термины	Все понятия и термины темы «Волновые свойства света»	
Виды учебной деятельности	Решение задач	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Решать</i> физические задачи в соответствии с поставленными условиями на основе полученных знаний по теме «Волновые свойства света» <i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми. Развёрнуто, логично и точно <i>излагать</i> свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	метапредметные	
	личностные	<i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	35.15/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Повторительно-обобщающий урок по теме «Волновые свойства света»	
Тип урока	Урок обобщения, систематизации и закрепления знаний и умений выполнять учебные действия	
Целевая установка	Обобщение и систематизация знаний по теме «Волновые свойства света»	
Понятия, термины	Все понятия и термины темы «Волновые свойства света»	
Виды учебной деятельности	Повторение и обобщение по теме «Волновые свойства света»	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Использовать</i> полученные знания и умения по теме «Волновые свойства света» для объяснения физических явлений и в повседневной жизни (быт, экология, охрана здоровья, охрана окружающей среды, техника безопасности и др.)
	метапредметные	Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Менять</i> и <i>удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми. Развёрнуто, логично и точно <i>излагать</i> свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества

№ урока/количество часов	36.16/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Контрольная работа по теме «Волновые свойства света»	
Тип урока	Урок развивающего контроля	
Целевая установка	Диагностика уровня сформированности знаний и умений по теме «Волновые свойства света»	
Понятия, термины	Все понятия и термины теме «Волновые свойства света»	
Виды учебной деятельности	Решение задач	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Решать</i> физические задачи в соответствии с поставленными условиями на основе полученных знаний по теме «Волновые свойства света» <i>Искать</i> и <i>находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Менять</i> и <i>удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. <i>Выстраивать</i> индивидуальную образовательную траекторию, учитывая ограничения со стороны других участников и ресурсные ограничения. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью
	метапредметные	
	личностные	Готовность и способность к образованию, в том числе самообразованию

Глава IV. Современные физические теории (8 часов)

№ урока/количество часов	37.1/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Постулаты специальной теории относительности / § 20	
Тип урока	Урок освоения новых знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование представлений о специальной теории относительности Эйнштейна	
Понятия, термины	Мировой эфир, механическая картина мира, электромагнитная картина мира, опыт Майкельсона, специальная теория относительности, постулат, принцип относительности Галилея	
Виды учебной деятельности	Изучение постулатов специальной теории относительности	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: мировой эфир, механическая картина мира, электромагнитная картина мира, опыт Майкельсона, специальная теория относительности, постулат, принцип относительности Галилея; <i>знать</i> отличия мирового эфира в механической картине мира и в электромагнитной картине мира, постулаты Эйнштейна специальной теории относительности, отличия принципа относительности Эйнштейна от принципа относительности Галилея; <i>уметь описывать</i> опыт Майкельсона, <i>доказывать</i> относительность одновременности событий
	метапредметные	Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	38.2/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Некоторые следствия из постулатов теории относительности Эйнштейна / § 21	
Тип урока	Комбинированный урок	
Целевая установка	Формирование представлений о релятивистских эффектах	
Понятия, термины	Релятивистские эффекты, относительность расстояний, относительность промежутков времени, релятивистский закон сложения скоростей, энергия покоя, принцип соответствия	
Виды учебной деятельности	Изучение релятивистских эффектов	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: релятивистские эффекты, относительность расстояний, относительность промежутков времени, релятивистский закон сложения скоростей, энергия покоя, принцип соответствия; <i>знать</i> зависимость массы тела от скорости, взаимосвязь массы и энергии; <i>уметь приводить</i> примеры релятивистских эффектов, <i>вычислять</i> расстояния, промежутки времени, скорости тел и энергию тел, основываясь на релятивистских эффектах
	метапредметные	<i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	39.3/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Решение задач	
Тип урока	Урок применения знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование умения решать физические задачи по теме «Постулаты специальной теории относительности»	
Понятия, термины	Все понятия и термины темы «Постулаты специальной теории относительности»	
Виды учебной деятельности	Решение задач	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Решать</i> физические задачи в соответствии с поставленными условиями на основе полученных знаний по теме «Постулаты специальной теории относительности» <i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми. Развёрнуто, логично и точно <i>излагать</i> свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	метапредметные	
	личностные	<i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	40.4/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Фотоэффект / § 22	
Тип урока	Урок освоения новых знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование представлений о явлении фотоэффекта	
Понятия, термины	Фотоэффект, фототок, законы фотоэффекта, постоянная Планка, фотон, уравнения Эйнштейна для фотоэффекта	
Виды учебной деятельности	Наблюдение фотоэффекта. Расчёт максимальной кинетической энергии фотоэлектронов при фотоэлектрическом эффекте	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: фотоэффект, фототок, законы фотоэффекта, постоянная Планка, фотон, уравнения Эйнштейна для фотоэффекта; <i>знать</i> условие протекания фотоэффекта, зависимость сила фототока от напряжения на электродах; <i>уметь изображать</i> схему установки для исследования фотоэффекта, график зависимости силы фототока от напряжения на электродах и график зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего на катод излучения, <i>описывать</i> устройство и принцип работы фотоэлемента, вычислять энергию фотонов
	метапредметные	<i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	41.5/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Факт:
Тип урока	Фотоны. Корпускулярно-волновой дуализм. Давление света / § 23
Целевая установка	Комбинированный урок
Понятия, термины	Формирование представлений о фотонах и их корпускулярных и волновых свойствах
Виды учебной деятельности	Корпускулярные характеристики фотона, волновые характеристики фотона, квантовая механика, опыты Лебедева, давление света
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	Изучение свойств фотона и явления давления света. Описание устройства и принципа работы фотоэлемента
	предметные <i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: корпускулярные характеристики фотона, волновые характеристики фотона, квантовая механика, опыты Лебедева, давление света; <i>знать</i> гипотезу Луи де Бройля, опыт, доказывающий гипотезу Луи де Бройля, отличия квантовой механики и классической механики; <i>уметь давать</i> характеристику фотону, <i>объяснять</i> механизм оказания давления электромагнитной волной на препятствие, <i>описывать</i> опыт П.Н. Лебедева по измерению давления света, <i>рассчитывать</i> импульс фотона и длину волны де Бройля
	метапредметные <i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существующих связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки

№ урока/количество часов	42.6/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Решение задач	
Тип урока	Урок применения знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование умения решать физические задачи по теме «Современные физические теории»	
Понятия, термины	Все понятия и термины темы «Современные физические теории»	
Виды учебной деятельности	Решение задач	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Решать</i> физические задачи в соответствии с поставленными условиями на основе полученных знаний по теме «Современные физические теории» <i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми. Развёрнуто, логично и точно <i>излагать</i> свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	метапредметные	
	личностные	<i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	43.7/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Факт:
Тип урока	Повторительно-обобщающий урок по теме «Современные физические теории»
Целевая установка	Урок обобщения, систематизации и закрепления знаний и умений выполнять учебные действия
Понятия, термины	Обобщение и систематизация знаний по теме «Современные физические теории»
Виды учебной деятельности	Все понятия и термины темы «Современные физические теории»
Предметные метпредметные	Повторение и обобщение по теме «Современные физические теории»
	<i>Использовать</i> полученные знания и умения по теме «Современные физические теории» для объяснения физических явлений и в повседневной жизни (быт, экология, охрана здоровья, охрана окружающей среды, техника безопасности и др.) Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Менять</i> и <i>удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми. Развёрнуто, логично и точно <i>излагать</i> свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
Личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества

№ урока/количество часов	44.8/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Факт:
Тип урока	Контрольная работа по теме «Современные физические теории»
Целевая установка	Урок развивающего контроля
Понятия, термины	Диагностика уровня сформированности знаний и умений по теме «Современные физические теории»
Виды учебной деятельности	Все понятия и термины теме «Современные физические теории»
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	Решение задач
	<i>Решать</i> физические задачи в соответствии с поставленными условиями на основе полученных знаний по теме «Современные физические теории» <i>Искать</i> и <i>находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Менять</i> и <i>удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. <i>Выстраивать</i> индивидуальную образовательную траекторию, учитывая ограничения со стороны других участников и ресурсные ограничения. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью
	предметные метапредметные
личностные	Готовность и способность к образованию, в том числе самообразованию

Глава V. Физика атома и атомного ядра (15 часов)

№ урока/количество часов	45.1/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Модели строения атома. Постулаты Бора / § 24	
Тип урока	Урок освоения новых знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование представлений о ядерной модели строения атома	
Понятия, термины	Естественная радиоактивность, радиоактивное излучение, α -, β - и γ -излучения, сцинтилляция, модель атома Резерфорда, сплошной спектр, постулаты Бора, стационарное состояние атома, возбуждённое состояние атома	
Виды учебной деятельности	Объяснение явления естественной радиоактивности. Описание опытов Резерфорда. Изучение постулатов Бора	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: естественная радиоактивность, радиоактивное излучение, α-, β- и γ-излучения, сцинтилляция, модель атома Резерфорда, сплошной спектр, постулаты Бора, стационарное состояние атома, возбуждённое состояние атома; <i>знать</i> теорию Бора строения атома водорода, модель атома Резерфорда; <i>уметь сравнивать</i> α-, β-, γ-излучения, <i>описывать</i> опыт Резерфорда по рассеянию α-частиц, <i>вычислять</i> частоту и длину волны фотона, излучаемого при переходе атома из возбужденного состояния в основное
	метапредметные	Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки

№ урока/количество часов	46.2/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Факт:
Тип урока	Спектры и спектральный анализ / § 25
Целевая установка	Комбинированный урок
Понятия, термины	Формирование представлений о спектрах излучения/поглощения атома и их использовании в спектральном анализе
Виды учебной деятельности	Сплошной спектр излучения, спектроскоп, спектрограф, линейчатый спектр излучения, серии Бальмера, Лаймана, Коши, спектры поглощения, спектральный анализ, люминесценция
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	Изучение устройства и принципа действия спектроскопа. Определение химического состава вещества по спектрам
	предметные <i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: сплошной спектр излучения, спектроскоп, спектрограф, линейчатый спектр излучения, серии Бальмера, Лаймана, Коши, спектры поглощения, спектральный анализ, люминесценция; <i>знать</i> преимущества спектрального анализа перед химическим анализом; <i>уметь рассчитывать</i> энергию фотонов, изучаемых атомом водорода в видимой части спектра, <i>объяснять</i> появление чёрных линий в спектре поглощения, <i>рассчитывать</i> длину волны и частоту излучения атома водорода при переходе электрона с одного энергетического уровня на другой
	метапредметные <i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные <i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	47.3/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Решение задач	
Тип урока	Урок применения знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование умения решать физические задачи по темам «Постулаты Бора» и «Спектры»	
Понятия, термины	Все понятия и термины тем «Постулаты Бора» и «Спектры»	
Виды учебной деятельности	Решение задач	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Решать</i> физические задачи в соответствии с поставленными условиями на основе полученных знаний по темам «Постулаты Бора» и «Спектры» <i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми. Развёрнуто, логично и точно <i>излагать</i> свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	метапредметные	
	личностные	<i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	48.4/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Факт:
Тип урока	Методы наблюдения и регистрации частиц / § 26
Целевая установка	Урок освоения новых знаний и видов учебных действий
Понятия, термины	Формирование представлений о методах наблюдения и регистрации частиц
Виды учебной деятельности	Метод сцинтилляций, счётчик Гейгера, камера Вильсона, трек, пузырьковая камера, метод толстослойных фотоэмпульсов
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные <i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: метод сцинтилляций, счётчик Гейгера, камера Вильсона, трек, пузырьковая камера, метод толстослойных фотоэмпульсов; <i>знать</i> принцип работы устройств для наблюдения и регистрации частиц, отличия пузырьковой камеры и Вильсона, физическое явление, которое лежит в основе метода сцинтилляций
	метапредметные Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
	личностные <i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	49.5/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Факт:
Тип урока	Состав атомных ядер / § 27
Целевая установка	Комбинированный урок
Понятия, термины	Формирование представлений о строении атомного ядра
Виды учебной деятельности	Протон, нейтрон, протонно-нейтронная модель ядра атома, массовое число, зарядовое число, закон сохранения заряда атома, закон сохранения массового числа, закон сохранения массового числа, ядерные силы, ядерные силы, сильное взаимодействие, мезоны
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	Изучение строения атомного ядра. Использование законов сохранения заряда атома и массового числа для определения продуктов ядерных реакций
	предметные <i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: протон, нейтрон, протонно-нейтронная модель ядра атома, массовое число, зарядовое число, закон сохранения заряда атома, закон сохранения массового числа, ядерные силы, сильное взаимодействие, мезоны; <i>знать</i> состав ядра атома, причины стабильности ядра, особенности ядерных сил; <i>уметь определять</i> число протонов и нейтронов в ядре атома, плотность ядерного вещества
	метапредметные Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	50.6/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Решение задач	
Тип урока	Урок применения знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование умения решать физические задачи по теме «Состав атомных ядер»	
Понятия, термины	Все понятия и термины темы «Состав атомных ядер»	
Виды учебной деятельности	Решение задач	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Решать</i> физические задачи в соответствии с поставленными условиями на основе полученных знаний по теме «Состав атомных ядер» <i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми. Развёрнуто, логично и точно <i>излагать</i> свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	метапредметные	
	личностные	<i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	51.7/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Радиоактивность / § 28
Тип урока	Урок освоения новых знаний и видов учебных действий
Целевая установка	Формирование представлений о радиоактивности веществ и законе радиоактивного распада
Понятия, термины	Альфа-распад, γ -лучи, бета-распад, электронное антинейтрино, искусственная радиоактивность, закон радиоактивного распада, период полураспада, статистический закон, поглощённая доза излучения
Виды учебной деятельности	Изучение закона радиоактивного распада. Вычисление поглощенной дозы излучения
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные <i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: альфа-распад, γ -лучи, бета-распад, электронное антинейтрино, искусственная радиоактивность, закон радиоактивного распада, период полураспада, статистический закон, поглощённая доза излучения; <i>знать</i> условие возникновения γ -кванта, отлучения искусственной и естественной радиоактивности, основные методы радиационной защиты; <i>уметь сравнивать</i> виды радиоактивного распада, <i>рассчитывать</i> период полураспада и количество распавшихся/нераспавшихся ядер
	метапредметные <i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные <i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	52.8/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Решение задач
Тип урока	Урок применения знаний и видов учебных действий
Целевая установка	Формирование умения решать физические задачи по теме «Радиоактивность»
Понятия, термины	Все понятия и термины темы «Радиоактивность»
Виды учебной деятельности	Решение задач
(в соответствии с ФГОС) Планируемые результаты обучения	предметные Решать физические задачи в соответствии с поставленными условиями на основе полученных знаний по теме «Радиоактивность»
	метапредметные Искать и находить обобщённые способы решения задач, в том числе осуществлять развёрнутый информационный поиск и ставить на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. Менять и удерживать разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно определять цели, задавать параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. Оценивать возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. Ставить и формулировать собственные задачи в образовательной деятельности. Оценивать ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. Выбирать путь достижения цели, планировать решение поставленных задач. Организовывать эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. Сопоставлять полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. Осуществлять деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми. Развёрнуто, логично и точно излагать свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств. Выстраивать деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений личностные Готовность и способность к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	53.9/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Радиоактивные изотопы. Энергия связи атомных ядер / § 29	
Тип урока	Урок освоения новых знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Ф ормирование представлений о радиоактивных изотопах, их применении, энергии связи атомных ядер	
Понятия, термины	Изотопы, протий, дейтерий, тритий, смесь изотопов, метод меченых атомов, энергия связи атомного ядра, дефект масс, удельная энергия связи	
Виды учебной деятельности	Изучение радиоактивных изотопов. Вычисление энергии связи, удельной энергии связи и дефекта масс изотопов	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: изотопы, протий, дейтерий, тритий, смесь изотопов, метод меченых атомов, энергия связи атомного ядра, дефект масс, удельная энергия связи; <i>знать</i> , где используются радиоактивные изотопы, зависимость удельной энергии связи атомных ядер от массового числа, как изменяется полная энергия системы из нескольких свободных покоящихся протонов и нейтронов в результате соединения их в атомное ядро; <i>уметь рассчитывать</i> энергию связи, удельную энергию связи, дефект масс
	метапредметные	<i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	54. 10/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Решение задач
Тип урока	Урок применения знаний и видов учебных действий
Целевая установка	Формирование умения решать физические задачи по теме «Энергия связи атомных ядер»
Понятия, термины	Все понятия и термины темы «Энергия связи атомных ядер»
Виды учебной деятельности	Решение задач
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные <i>Решать</i> физические задачи в соответствии с поставленными условиями на основе полученных знаний по теме «Энергия связи атомных ядер» <i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми. Развёрнутое, логичное и точно <i>излагать</i> свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	метапредметные
	личностные <i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	55.11/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Ядерная энергия / § 30	
Тип урока	Урок освоения новых знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование представлений о получении и использовании ядерной энергии	
Понятия, термины	Деление тяжёлых ядер, синтез лёгких ядер, коэффициент размножения нейтронов, критическая масса, термоядерная реакция	
Виды учебной деятельности	Изучение способов получения ядерной энергии. Вычисление энергии, освобождаемой при ядерных реакциях	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: деление тяжёлых ядер, синтез лёгких ядер, коэффициент размножения нейтронов, критическая масса, термоядерная реакция; <i>знать</i> способы получения ядерной энергии, условия для осуществления цепной ядерной реакции, устройство и работу ядерного реактора, роль термоядерных реакций, протекающих в недрах звёзд; <i>уметь извлекать</i> информацию из сети Интернет и других источников, <i>анализировать, обобщать и представлять</i> её различными способами, <i>определять</i> энергетический выход ядерной реакции
	метапредметные	Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
	личностные	<i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	56.12/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Элементарные частицы / § 31
Тип урока	Комбинированный урок
Целевая установка	Формирование представлений об элементарных частицах и их классификации
Понятия, термины	Элементарные частицы, фотоны, лептоны, мезоны, барионы, адроны, очарованные частицы, резонансы, античастица, позитрон, аннигиляция, антивещество, космические лучи, электромагнитное, сильное взаимодействие, слабое взаимодействие, гравитационное взаимодействие, гравитон
Виды учебной деятельности	Объяснение особенностей элементарных частиц. Описание видов взаимодействий между элементарными частицами
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные <i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: элементарные частицы, фотоны, лептоны, мезоны, барионы, адроны, очарованные частицы, резонансы, античастица, позитрон, аннигиляция, антипротон, антивещество, космические лучи, электромагнитное взаимодействие, сильное взаимодействие, слабое взаимодействие, гравитационное взаимодействие, гравитон; <i>знать</i> особенности элементарных частиц; <i>уметь приводить</i> примеры античастиц, <i>описывать</i> виды взаимодействий между элементарными частицами
	метапредметные Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Менять</i> и <i>удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	57.13/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Решение задач	
Тип урока	Урок применения знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование умения решать физические задачи по теме «Физика атома и атомного ядра»	
Понятия, термины	Все понятия и термины темы «Физика атома и атомного ядра»	
Виды учебной деятельности	Решение задач	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Решать</i> физические задачи в соответствии с поставленными условиями на основе полученных знаний по теме «Физика атома и атомного ядра» <i>Искать и находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить и формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Организовывать</i> эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми. Развёрнуто, логично и точно <i>излагать</i> свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	метапредметные	
	личностные	<i>Готовность и способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	58.14/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Факт:
Тип урока	Повторительно-обобщающий урок по теме «Физика атома и атомного ядра»
Целевая установка	Урок обобщения, систематизации и закрепления знаний и умений выполнять учебные действия
Понятия, термины	Обобщение и систематизация знаний по теме «Физика атома и атомного ядра»
Виды учебной деятельности	Все понятия и термины темы «Физика атома и атомного ядра»
Предметные	Повторение и обобщение по теме «Физика атома и атомного ядра»
	Использовать полученные знания и умения по теме «Физика атома и атомного ядра» для объяснения физических явлений и в повседневной жизни (быт, экология, охрана здоровья, охрана окружающей среды, техника безопасности и др.)
Метапредметные	Критически оценивать и интерпретировать информацию с разных позиций, распознавать и фиксировать противоречия в информационных источниках.
	Выходить за рамки учебного предмета и осуществлять целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. Менять и удерживать разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно определять цели, задавать параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. Ставить и формулировать собственные задачи в образовательной деятельности. Выбирать путь достижения цели, планировать решение поставленных задач. Сопоставлять полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. Осуществлять деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми. Развёрнуто, логично и точно излагать свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств. Выстраивать деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
Личностные	Иметь мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества

№ урока/количество часов	59.15/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Контрольная работа по теме «Физика атома и атомного ядра»	
Тип урока	Урок развивающего контроля	
Целевая установка	Диагностика уровня сформированности знаний и умений по теме «Физика атома и атомного ядра»	
Понятия, термины	Все понятия и термины теме «Физика атома и атомного ядра»	
Виды учебной деятельности	Решение задач	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Решать</i> физические задачи в соответствии с поставленными условиями на основе полученных знаний по теме «Физика атома и атомного ядра» <i>Искать</i> и <i>находить</i> обобщённые способы решения задач, в том числе <i>осуществлять</i> развёрнутый информационный поиск и <i>ставить</i> на его основе новые (учебные и познавательные) задачи. <i>Менять</i> и <i>удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. <i>Выстраивать</i> индивидуальную образовательную траекторию, учитывая ограничения со стороны других участников и ресурсные ограничения. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Оценивать</i> ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью
	метапредметные	
	личностные	Готовность и способность к образованию, в том числе самообразованию

Глава VI. Строение Вселенной (7 часов)

№ урока/количество часов	60.1/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Космические исследования. Солнечная система / § 32	
Тип урока	Урок освоения новых знаний и видов учебных действий	
Целевая установка	Формирование представлений о методах исследования космического пространства	
Понятия, термины	Астрономия, оптические телескопы, спектральный анализ, метод радиолокации, космонавтика, астрономическая единица, законы Кеплера, Солнечная система, перигелий, афелий	
Виды учебной деятельности	Описание методов, используемых в астрономии. Изучение строения Солнечной системы. Наблюдение звёзд, Луны и планет в телескоп	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: астрономия, оптические телескопы, спектральный анализ, метод радиолокации, космонавтика, астрономическая единица, законы Кеплера, Солнечная система, перигелий, афелий; <i>знать</i> значение космических исследований, небесные тела, входящие в состав Солнечной системы, отличия планет-гигантов и планет земной группы, гипотезу О.Ю. Шмидта о возникновении Земли и других планет; <i>уметь описывать</i> методы, используемые в астрономии, пользоваться законами Кеплера для нахождения радиусов орбит и периодов обращения планет
	метапредметные	Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Менять</i> и <i>удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки

№ урока/количество часов	61.2–62.3/2	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Природа Солнца и звёзд. Физические характеристики звёзд / § 33	
Тип урока	Комбинированный урок	
Целевая установка	Формирование представлений о физических характеристиках Солнца и звёзд	
Понятия, термины	Солнце, масса Солнца, светимость, диаметр Солнца, ядро, лучистая зона, зона конвекции, атмосфера, фотосфера, грануляция, пятна, факелы, солнечная корона, протуберанцы, солнечный ветер, спектральная классификация звёзд, диаграмма Герцшпрунга — Рессела, гиганты, белые карлики, сверхгиганты, нейтронные звёзды, чёрные дыры, вторая космическая скорость, гравитационный радиус, двойные звёзды, новые звёзды, сверхновые звёзды	
Виды учебной деятельности	Изучение строения Солнца и звёзд. Наблюдение солнечных пятен с помощью телескопа	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: Солнце, масса Солнца, светимость, диаметр Солнца, ядро, лучистая зона, зона конвекции, атмосфера, фотосфера, грануляция, пятна, факелы, солнечная корона, протуберанцы, солнечный ветер, спектральная классификация звёзд, диаграмма Герцшпрунга — Рессела, гиганты, белые карлики, сверхгиганты, нейтронные звёзды, чёрные дыры, вторая космическая скорость, гравитационный радиус, двойные звёзды, новые звёзды, сверхновые звёзды; <i>знать</i> химический состав Солнца, почему светимость Солнца и других звёзд с течением времени не изменяется, строение атмосферы Солнца; <i>уметь рассчитывать</i> физические характеристики Солнца и звёзд
	метапредметные	Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Оценивать</i> возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	63.4/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Факт:
Тип урока	Происхождение и эволюция звёзд / § 34
Целевая установка	Комбинированный урок
Понятия, термины	Формирование представлений о происхождении и эволюции звёзд
Виды учебной деятельности	«Рождение звезды», «смерть звезды», звёзды малой массы, коричневые карлики, звёзды среднего размера, сверхмассивные звёзды
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	Изучение эволюции звёзд. Использование сети Интернет для поиска информации и изображения звёзд, находящихся на разных этапах эволюционного развития
	предметные <i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: «рождение звезды», «смерть звезды», звёзды малой массы, коричневые карлики, звёзды среднего размера, сверхмассивные звёзды; <i>знать</i> механизм образования, в каком случае звезда занимает место на главной последовательности, какие ядерные реакции происходят в ядре звезды, каков жизненный путь звезды, имеющей малую массу по сравнению с массой Солнца, что происходит со звездой в течение жизненного цикла, какое значение имеют вспышки сверхновых звёзд; <i>уметь извлекать</i> информацию из сети Интернет, <i>анализировать, обобщать и представлять</i> её различными способами
	метапредметные Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Менять</i> и <i>удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки

№ урока/количество часов	64.5/1
Дата проведения урока	План:
Тема урока / № параграфа	Галактики. Наша Галактика / § 35
Тип урока	Комбинированный урок
Целевая установка	Формирование представлений о галактиках, их строении и классификации
Понятия, термины	Галактика, Большое и Малое Магеллановы Облака, Туманность Андромеды, эллиптическая галактика, спиральная галактика, неправильные галактики, сферический компонент, массивный звёздный диск, Млечный Путь, рассеянные скопления, шаровые скопления, космические лучи
Виды учебной деятельности	Описание строения галактик. Использование сети Интернет для поиска изображений галактик разных типов и информации о них
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные <i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: галактика, эллиптическая галактика, спиральная галактика, неправильные галактики, сферический компонент, массивный звёздный диск, Млечный Путь, рассеянные скопления, шаровые скопления, космические лучи; <i>знать</i> элементы и особенности галактик, расположение в нашей галактике Солнечной системы; <i>уметь извлекать</i> информацию из сети Интернет, <i>анализировать, обобщать и представлять</i> её различными способами
	метапредметные Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Менять и удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные <i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки. <i>Готовность</i> и <i>способность</i> к образованию, в том числе самообразованию

№ урока/количество часов	65.6/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Вселенная. Расширение Вселенной / § 36	
Тип урока	Комбинированный урок	
Целевая установка	Формирование представлений о моделях и эволюции Вселенной	
Понятия, термины	Эффект Доплера, красное смещение, закон Хаббла, общая теория относительности, модель замкнутой Вселенной, модель открытой Вселенной, Большой взрыв, сингулярность, адронная эра, лептонная эра, эра излучения, реликтовое излучение	
Виды учебной деятельности	Описание моделей Вселенной А.А. Фридмана. Изучение теории Большого взрыва и этапов развития Вселенной	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Формулировать и объяснять</i> понятия и термины: эффект Доплера, красное смещение, закон Хаббла, общая теория относительности, модель замкнутой Вселенной, модель открытой Вселенной, Большой взрыв, сингулярность, адронная эра, лептонная эра, эра излучения, реликтовое излучение; <i>знать</i> причины красного смещения линий спектров далёких галактик, модели Вселенной А.А. Фридмана, возраст Вселенной, этапы развития Вселенной
	метапредметные	Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Менять</i> и <i>удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. <i>Использовать</i> различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества. <i>Владеть</i> достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки

№ урока/количество часов	66.7/1	
Дата проведения урока	План:	Факт:
Тема урока / № параграфа	Повторительно-обобщающий урок по теме «Строение Вселенной»	
Тип урока	Урок обобщения, систематизации и закрепления знаний и умений выполнять учебные действия	
Целевая установка	Обобщение и систематизация знаний по теме «Строение Вселенной»	
Понятия, термины	Все понятия и термины темы «Строение Вселенной»	
Виды учебной деятельности	Повторение и обобщение по теме «Строение Вселенной»	
Планируемые результаты обучения (в соответствии с ФГОС)	предметные	<i>Использовать</i> полученные знания и умения по теме «Строение Вселенной» для объяснения физических явлений и в повседневной жизни (быт, экология, охрана окружающей среды, техника безопасности и др.)
	метапредметные	Критически <i>оценивать</i> и <i>интерпретировать</i> информацию с разных позиций, <i>распознавать</i> и <i>фиксировать</i> противоречия в информационных источниках. <i>Выходить</i> за рамки учебного предмета и <i>осуществлять</i> целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия. <i>Менять</i> и <i>удерживать</i> разные позиции в познавательной деятельности. Самостоятельно <i>определять</i> цели, <i>задавать</i> параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута. <i>Ставить</i> и <i>формулировать</i> собственные задачи в образовательной деятельности. <i>Выбирать</i> путь достижения цели, <i>планировать</i> решение поставленных задач. <i>Сопоставлять</i> полученный результат деятельности с поставленной заранее целью. <i>Осуществлять</i> деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми. Развёрнуто, логично и точно <i>излагать</i> свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств. <i>Выстраивать</i> деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений
	личностные	<i>Иметь</i> мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и техники, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества
Резерв времени (4 часа)		

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ УРОКОВ

Рекомендации носят рецептурный характер. Они не должны ограничивать творчество педагога в организации учебного процесса и выборе типов, а также структуры уроков.

Исследуя процесс подготовки педагога к очередному уроку физики, В.Н. Мощанский в своём труде «Проблемы, решаемые при изобретении урока физики» составил модель, где показал следующие составные элементы деятельности педагога при подготовке к уроку.

1. Определение цели урока и выделение главного и второстепенного в учебном материале.
2. Определение ранее изученных вопросов, необходимых для усвоения нового материала, т.е. для повторения.
3. Оценка логики и способа обоснования главных идей, предложенных в учебнике.
4. Обдумывание способа пробуждения у обучающихся интереса к теме.
5. Определение плана логики, структуры изучения нового материала.
6. Определение методов и средств обеспечения максимальной активности и интереса всего класса к изучению нового материала.
7. Подбор упражнений, которые необходимо выполнить на уроке.
8. Обдумывание деятельности учителя на уроке для формирования культуры учеников и приобщения их к общечеловеческим ценностям.
9. Определение материала, который должен быть в тетрадях обучающихся.
10. Обдумывание того, что, как и кому задать для домашней работы.
11. Оценка соответствия запланированного объёма и уровня изучения нового материала времени урока и возможностям обучающихся.

Глава I. Электромагнетизм

Урок 3.3. Сила Лоренца. § 2

Так как электрический ток представляет собой упорядоченное движение зарядов, то действие магнитного поля на проводник с током есть результат его действия на отдельные движущиеся заряды.

Силу, действующую со стороны магнитного поля на движущиеся в нём заряды, называют силой Лоренца.

Сила Лоренца определяется соотношением:

$$F_{\text{л}} = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha,$$

где q — величина движущегося заряда;

v — модуль скорости заряда;

B — модуль вектора индукции магнитного поля;

α — угол между вектором скорости заряда и вектором магнитной индукции.

Обратите внимание, что сила Лоренца перпендикулярна скорости и поэтому она не совершает работы, не изменяет модуль скорости заряда и его кинетической энергии. Но направление скорости изменяется непрерывно (рис. 1).

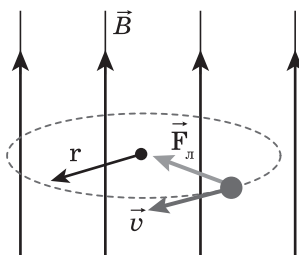


Рис. 1. Сила Лоренца

Сила Лоренца перпендикулярна вектору индукции магнитного поля и вектору скорости заряда. Направление силы Лоренца определяется с помощью того же *правила левой руки*, что и направление силы Ампера: *если левую руку расположить так, чтобы составляющая магнитной индукции B , перпендикулярная скорости заряда, входила в ладонь, а четыре пальца были направлены по движению положительного заряда (против движения отрицательного), то отогнутый на 90 градусов большой палец покажет направление действующей на заряд силы Лоренца F_L* .

Сила Лоренца зависит от модулей скорости частицы и индукции магнитного поля. Эта сила перпендикулярна скорости и, следовательно, определяет центростремительное ускорение частицы.

При равномерном движении частицы по окружности под действием силы Лоренца радиус окружности рассчитывается по формуле:

$$r = \frac{mv}{|q| B}.$$

Урок 6.6. Самоиндукция. § 4

Самоиндукция является частным случаем разнообразных проявлений электромагнитной индукции. Рассмотрим контур, подключённый к источнику тока (рис. 2).

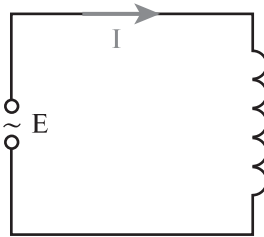


Рис. 2. Контур, подключённый к источнику тока

По контуру протекает электрический ток I . Этот ток создаёт в окружающем пространстве магнитное поле. Контур пронизывается собственным магнитным потоком Φ . Собственный магнитный поток пропорционален току в контуре, создавшему магнитное поле:

$$\Phi = L \cdot I.$$

Коэффициент пропорциональности L в этой формуле называется **коэффициентом самоиндукции или индуктивностью катушки**.

Индуктивность зависит от размеров, формы проводника, магнитных свойств среды.

Единица измерения индуктивности в системе СИ — 1 генри (Гн).

Если ток в рассматриваемом контуре по каким-то причинам изменяется, то изменяется и магнитное поле этого тока, а следовательно, и собственный магнитный поток, пронизывающий контур. В контуре возникает **ЭДС самоиндукции**, которая, согласно правилу Ленца, препятствует изменению тока в контуре. Данное явление называется самоиндукцией, а соответствующее значение — ЭДС самоиндукции.

$$\varepsilon_{si} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{L\Delta I}{\Delta t}.$$

Индуктивность катушки и скорость изменения силы тока в ней прямо пропорциональны ЭДС самоиндукции.

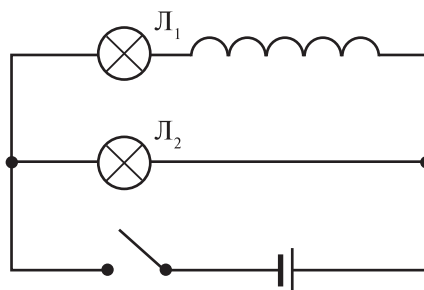
Если собрать электрическую цепь, содержащую две параллельно соединённые лампы, и включить большую катушку последовательно с одной из ламп (рис. 3), то при замыкании цепи эта лампа загорается с заметным запаздыванием, в то время как лампа, непосредственно соединённая с источником тока, начинает светить практически мгновенно.

Что происходит в нашем эксперименте?

При замыкании: индуктивность катушки очень велика, поэтому ЭДС самоиндукции, которая возникает в ней, «тормозит» ток, не даёт ему резко возрасть при включении. Поэтому лампочка, подклю-

чѐнная к катушке последовательно, загорается полным накалом позже, чем лампочка, подключѐнная без катушки.

При размыкании: ток в катушке уменьшается, возникает ЭДС самоиндукции, которая, по правилу Ленца, пытается «поддержать» ток, не даѐт ему резко упасть.



L_1 — при замыкании цепи
загорается с запаздыванием

Рис. 3. Пример электрической цепи

Урок 7.7. Переменный ток. § 5

Электрический ток, меняющий свою величину и направление с течением времени, называется **переменным током**.

Переменный ток, как и постоянный, также является упорядоченным движением заряженных частиц. Но **постоянный ток** всегда имеет одно направление, от «+» к «-». А переменный ток своё направление постоянно меняет, т.е. течѐт то в одну, то в другую сторону. Поэтому одно из его направлений условно принимают за положительное, а направление, противоположное ему, считают отрицательным. В зависимости от этого в конкретный момент времени алгебраическая величина тока будет иметь знак «плюс» или знак «минус».

Чтобы ток был переменным, он должен быть подключѐн к источнику переменной ЭДС. Такими источниками являются **генераторы переменного тока** — электрические машины, которые преобразуют механическую энергию в электрическую энергию тока.

Периодический переменный ток (рис. 4)

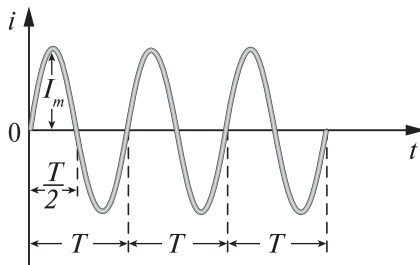


Рис. 4. Периодический переменный ток

Основные параметры переменного тока — период, частота и амплитуда.

Представим, что за какое-то время T переменный ток пройдѐт цикл изменений и вернѐтся к своему первоначальному значению. Следующий такой же цикл он также пройдѐт за такое же время T . Такой ток называется **периодическим переменным током**, а величина T — **период тока** — **наименьший промежуток времени, через который изменения силы тока и напряжения повторяются**. Измеряется период в секундах.

Величина, обратная периоду, называется **частотой** тока (f). Она отображает количество периодов (полных колебаний), которые ток проходит в единицу времени. Измеряется в герцах (Гц):

$$f = 1/T.$$

Переменный ток изменяется с частотой в 1 Гц, если его период равен 1 с.

В России, как и в большинстве стран мира, стандартная частота переменного тока в электротехнике 50 Гц. В США и Канаде — 60 Гц. В Японии же используются оба варианта. В западной части применяется частота 60 Гц, а в восточной — 50 Гц. Так случилось, потому что в 1895 г. для Токио были закуплены генераторы немецкой компании AEG, а немного позже для Осаки — американские генераторы General Electric. Так как приведение этих сетей к единому стандарту оказалось весьма дорогостоящим делом, то всё было оставлено, как есть, а между сетями установили четыре преобразователя частоты.

Величину тока в данный момент времени называют **мгновенным значением переменного тока**. Его максимальное значение называется амплитудой и обозначается I_m .

Синусоидальный ток (рис. 5)

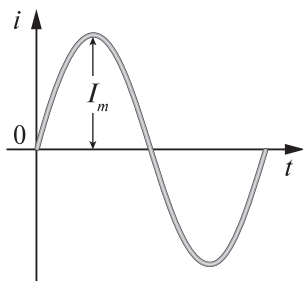


Рис. 5. Синусоидальный ток

Наиболее распространён в электротехнике **синусоидальный ток**. Это периодический переменный ток, изменяющийся по закону синуса:

$$i = I_m \cdot \sin(\omega t + \psi),$$

где i — значение тока в любой момент времени t ;

I_m — мгновенное значение синусоидального тока;

$\omega = 2\pi f = 2\pi/T$, где ω — угловая частота; ψ — начальная фаза переменного синусоидального тока (фаза в момент времени $t = 0$).

Наибольшее положительное или отрицательное значение переменного тока называют **амплитудой**.

График переменного синусоидального тока представляет собой **синусоиду**.

Два синусоидальных тока совпадают по фазе, если они одновременно достигают максимальных и нулевых значений. Если же их фазы различны, то говорят, что токи сдвинуты по фазе.

Наиболее широко в электротехнике применяется **трёхфазный ток**. **Трёхфазная система** состоит из трёх однофазных электрических цепей. Электродвижущие силы, действующие в каждой из них, имеют одинаковую частоту, но сдвинуты по фазе относительно друг друга на 120° (рис. 6).

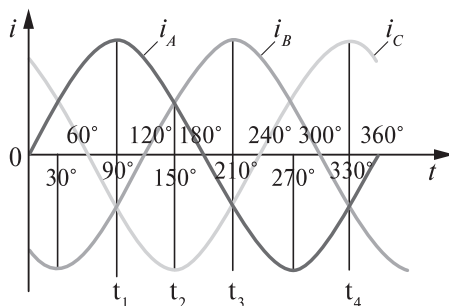


Рис. 6. Сдвиг ЭДС по фазе

В электротехнике однофазную электрическую цепь, входящую в состав многофазовой цепи, называют **фазой**. Если все фазы электрически соединены между собой, то такую систему называют **электрически связанной**. Фазы в трёхфазной системе могут соединяться «треугольником», «звездой с нейтральным проводом» и «звездой без нейтрального провода».

Если мы сложим все мгновенные значения (положительные и отрицательные) переменного синусоидального тока за период, то получим алгебраическую сумму, равную нулю. Но в таком случае и среднее

значение тока также равно нулю. Следовательно, это значение нельзя использовать для измерения синусоидального тока.

Как же определить величину переменного синусоидального тока?

Переменный синусоидальный ток, как и постоянный, обладает тепловым действием. Сравнив его тепловое действие с тепловым действием постоянного тока, можно судить о его величине.

Согласно закону Джоуля — Ленца количество теплоты Q , выделяемое на участке электрической цепи за время t при прохождении тока, определяется следующей формулой:

$$Q = I^2 R t,$$

где I — величина тока; R — электрическое сопротивление.

Если два тока, постоянный и переменный, протекая через одинаковые по величине сопротивления, за одинаковое время выделяют одинаковое количество тепла, то они считаются эквивалентными по тепловому действию.

Величина постоянного тока, который произвёл такое же количество теплоты, что и переменный ток за такое же время, называется **действующим значением переменного синусоидального тока**.

Величина действующего значения синусоидального тока связана с его амплитудой соотношением:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}.$$

Урок 9.9. Трансформатор. Производство и передача электроэнергии. § 7

Промышленный переменный ток вырабатывается электростанциями. К потребителям он поступает по линиям электропередач (ЛЭП) (рис. 7).

Поскольку ЛЭП имеют большую протяжённость, то потери энергии при нагревании проводов довольно велики. Чтобы уменьшить тепловые потери, уменьшают силу тока. Для этого с помощью трансформатора повышают электрическое напряжение в сети до нескольких сот тысяч вольт. К примеру, самая высоковольтная в мире ЛЭП Экибастуз — Кокшетау рассчитана на напряжение 1150 кВ. В настоящий момент работает под напряжением 500 кВ. В конечной точке ЛЭП напряжение понижается до нужного потребителю значения.

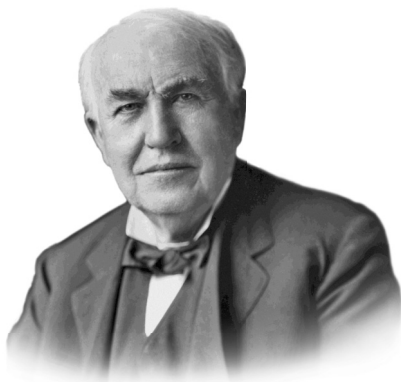


Рис. 7. Линия электропередач

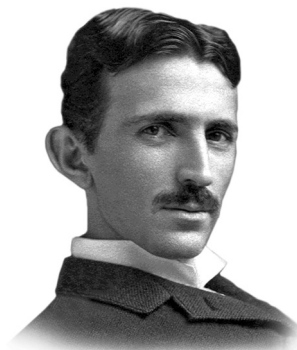
«Война токов»

Какой ток лучше, постоянный или переменный? Споры на эту тему начались в 80-х гг. XIX в. и превратились в «войну токов», начало которой было положено двумя великими людьми — американским

изобретателем Томасом Эдисоном и сербом по происхождению, инженером и физиком Никола Тесла (рис. 8).



Томас Алва Эдисон
(1847–1931)



Никола Тесла
(1856–1943)

Рис. 8. Т. Эдтсон и Н. Тесла

Основанная Эдисоном в 1878 г. компания Edison Electric Light занималась строительством электростанций постоянного тока. На постоянном токе в то время работали лампочки накаливания, электродвигатели и счётчики электроэнергии. Других приборов, нуждавшихся в токе, на тот момент не существовало. Для передачи электроэнергии использовалась разработанная Эдисоном «технология трёх проводов». В 1887 г. в США по системе Эдисона работало более 100 электростанций постоянного тока. Но расстояние, на которое удавалось передавать электричество, не превышало 1,5 км.

Основным противником Эдисона в «войне токов» в то время был Джордж Вестингауз, изобретатель и промышленник, хорошо разбиравшийся в физике и считающий переменный ток более перспективным. В 1885 г. он приобрёл несколько трансформаторов, созданных в 1881 г. французом Люсьеном Голаром и англичанином Джоном Гиббсом, и генератор переменного тока фирмы Siemens & Halske. И в 1886 г. в штате Массачусетс начала работу первая гидроэлектростанция переменного тока.

В 1882 г. Тесла изобрёл многофазный электродвигатель, а в 1888 г. — счётчик переменного тока, отсутствие которого ранее было одним из препятствий в развитии технологий переменного тока. В том же году Вестингауз приглашает его к себе на работу. Изобретённые Тесла трансформаторы давали возможность получать любое напряжение. А это позволяло передавать переменный ток на большие расстояния. Казалось бы, ничто уже не могло помешать созданию сетей переменного тока. Но Эдисон прибегнул к чёрному пиару. Он оплатил разработку электрического стула для казни и предложил использовать переменный ток для этой цели. Журналисты красочно описали мучения, которые испытывал осуждённый в момент казни. Общество получило отрицательный сигнал, и переменный ток некоторое время не использовали.

И всё-таки Тесла оказался победителем. Компания Вестингауза выиграла тендер на строительство первой в США гидроэлектростанции переменного тока на Ниагаре.

До 1928 г. обе технологии существовали параллельно. Но постоянный ток постепенно уступал свои позиции переменному току. В Европе это произошло быстрее. Последними перешли на переменный ток в 40–60-х гг. XX в. потребители скандинавских стран. В США окончательный перевод электрических сетей с постоянного тока на переменный произошёл в конце 2007 г. Так закончилась длившаяся более 100 лет «война токов».

Но это совершенно не означает, что в настоящее время постоянный ток не используется в электроэнергетике. Конечно, подавляющее большинство ЛЭП транспортируют переменный ток. Но наряду

с линиями электропередач переменного тока существуют высоковольтные ЛЭП постоянного тока, способные передавать ток на большие расстояния, например, ЛЭП Экибастуз — Центр, Южная Корея (материк) — остров Чеджудо и др.

Глава II. Электромагнитные колебания и волны

Урок 13.1. Свободные электромагнитные колебания. § 8

Рассмотрим электрическую цепь, состоящую из катушки *индуктивностью* L и конденсатора *ёмкостью* C . Если предварительно зарядить конденсатор (рис. 9, а), то получим *колебательный контур* (рис. 9, б).

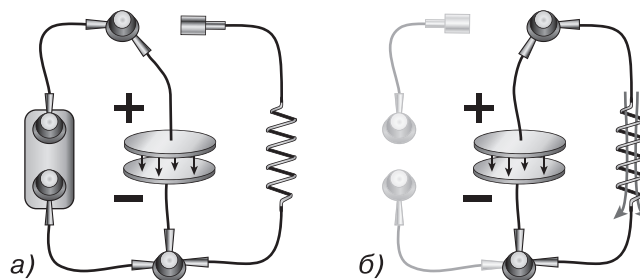


Рис. 9. Электрическая цепь

1) В начальный момент времени конденсатор имеет максимальный заряд и обладает максимальной энергией W_C (рис. 10).

2) В следующий момент времени конденсатор начинает разряжаться. В цепи появляется ток. По мере разрядки конденсатора ток в цепи и в катушке нарастает. Из-за явления *самоиндукции* это происходит не мгновенно. Энергия катушки W_L постепенно становится максимальной (рис. 11).

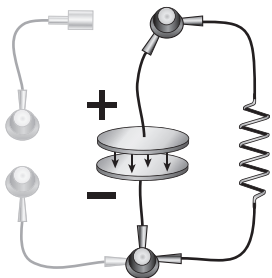


Рис. 10. Максимальный заряд конденсатора

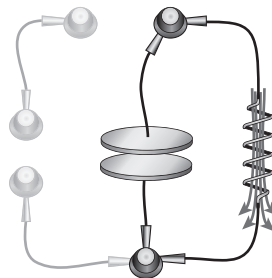


Рис. 11. Максимальная энергия катушки

3) Электрические заряды вновь накапливаются на конденсаторе, но обкладка конденсатора, первоначально заряженная положительно, будет заряжена отрицательно. Энергия конденсатора максимальная (рис. 12).

4) Конденсатор разряжается, но ток протекает уже в обратном направлении (рис. 13).

Этот процесс будет повторяться снова и снова. Возникнут *электромагнитные колебания*. Если отсутствуют потери ($R = 0$), то сила тока, заряд и напряжение со временем изменяются по *гармоническому закону* (рис. 14).

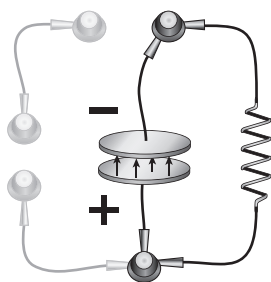


Рис. 12. Повторное максимальное значение конденсатора

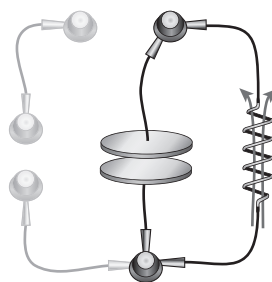
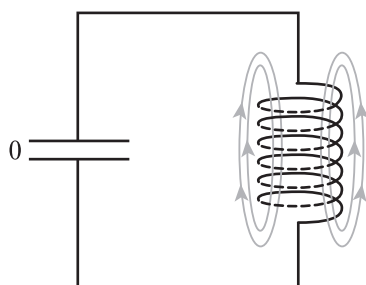


Рис. 13. Разрядка конденсатора



$$q = q_0 \cos \omega t \quad I_0 = q_0 \omega$$

$$I = I_0 \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

$$U = U_0 \cos (\omega t + \pi)$$

Рис. 14. Гармонический закон изменения силы тока, заряда напряжения

Период колебаний. Формула Томсона

Наименьший промежуток времени, в течение которого происходит переход зарядов с одной обкладки конденсатора на другую и обратно, называется **периодом свободных электромагнитных колебаний**.

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

T — период электромагнитных колебаний;

L — индуктивность катушки;

C — электроёмкость конденсатора.

$$[T] = 1 \text{ с} \quad [L] = 1 \text{ Гн} \quad [C] = 1 \text{ Ф}.$$

Энергия колебательного контура (табл. 1)

Если пренебречь потерями ($R = 0$), то полная энергия колебательного контура остаётся постоянной. Выполняется закон сохранения энергии.

$$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = \text{const.}$$

W — полная энергия колебательного контура;

$\frac{q^2}{2C}$ — энергия конденсатора, $q = q(t)$;

$\frac{LI^2}{2}$ — энергия катушки, $I = I(t)$.

Таблица 1. Сравнительная таблица механических и электромагнитных колебаний

	Механические колебания	Электромагнитные колебания
Параметры колебательной системы	Масса груза m Жесткость пружины k	Индуктивность катушки L Величина, обратная емкости $\frac{1}{2}$
Энергия	Кинетическая энергия груза $E_m = \frac{mv^2}{2}$ Потенциальная энергия пружины $E_k = \frac{kx^2}{2}$	Энергия магнитного поля катушки $W_L = \frac{LI^2}{2}$ Энергия магнитного поля катушки $W_c = \frac{1}{LC}$
Циклическая частота	$\omega^2 = \frac{k}{m}$	$\omega^2 = \frac{k}{m}$
Величина, характеризующая отклонение	Координата $x = x_0 \cos \omega t$	Заряд $q = q_0 \cos \omega t$
Величины, характеризующие скорость изменения состояния колебательной системы	$v = v_0 \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$ $a = a_0 \cos (\omega t + \pi)$	$I = I_0 \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$ $\sigma_{st} = \sigma_0 \cos (\omega t + \pi)$

Урок 14.2. Автоколебательная система. § 9

Вынужденные колебания, которые мы рассматривали до сих пор, возникают под действием переменного напряжения, вырабатываемого генераторами на электростанциях. Такие генераторы не могут создавать колебания высокой частоты, необходимые для радиосвязи. Потребовалась бы чрезмерно большая скорость вращения ротора. Колебания высокой частоты получают с помощью других устройств, например с помощью генератора на транзисторе. Он назван так потому, что одной из основных его частей является полупроводниковый прибор — транзистор.

Автоколебательные системы

Незатухающие вынужденные колебания нередко поддерживаются в цепи действием внешнего периодического напряжения. Но возможны и другие способы получения незатухающих колебаний.

Пусть в системе, в которой могут существовать свободные электромагнитные колебания, имеется источник энергии. Если сама система будет регулировать поступление энергии в колебательный контур для компенсации потерь энергии на резисторе, то в ней могут возникнуть незатухающие колебания.

Системы, в которых генерируются незатухающие колебания за счёт поступления энергии от источника внутри самой системы, называются **автоколебательными**. Незатухающие колебания, существующие в системе без воздействия на неё внешних периодических сил, называются **автоколебаниями**.

Генератор на транзисторе — пример автоколебательной системы. Он состоит из колебательного контура с конденсатором ёмкостью C и катушкой индуктивностью L , источника энергии и транзистора.

Как создать незатухающие колебания в контуре?

Известно, что если конденсатор колебательного контура зарядить, то в контуре возникнут затухающие колебания. В конце каждого периода колебаний заряд на пластинах конденсатора имеет меньшее значение, чем в начале периода. Суммарный заряд, конечно, сохраняется (он всегда равен нулю), но происходит уменьшение положительного заряда одной пластины и отрицательного заряда другой на равные по модулю значения. В результате энергия колебаний уменьшается, так как она пропорциональна квадрату заряда одной из пластин конденсатора. Чтобы колебания не затухали, нужно компенсировать потери энергии за каждый период.

Пополнять энергию в контуре можно, подзаряжая конденсатор. Для этого надо периодически подключать контур к источнику постоянного напряжения. Конденсатор должен подключаться к источнику только в те интервалы времени, когда присоединённая к положительному полюсу источника пластина заряжена положительно, а присоединённая к отрицательному полюсу — отрицательно (рис. 15). Только в этом случае источник будет подзаряжать конденсатор, пополняя его энергию.

Если же ключ замкнуть в момент, когда присоединённая к положительному полюсу источника пластина имеет отрицательный заряд, а присоединённая к отрицательному полюсу — положительный, то конденсатор будет разряжаться через источник (рис. 16). Энергия конденсатора при этом будет убывать.

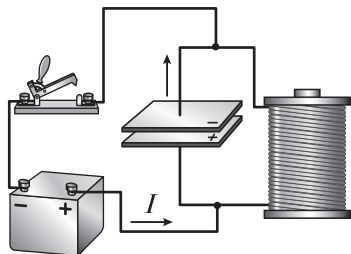


Рис. 15. Зарядка конденсатора

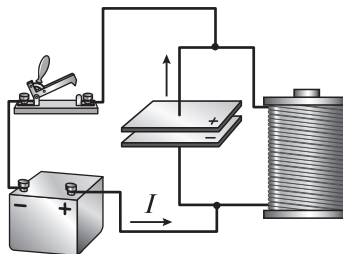


Рис. 16. Разрядка конденсатора

Следовательно, источник постоянного напряжения, постоянно подключённый к конденсатору контура, не может поддерживать в нём незатухающие колебания, так же как постоянная сила не может поддерживать механические колебания. В течение половины периода энергия поступает в контур, а в течение следующей половины периода возвращается в источник. В контуре незатухающие колебания установятся лишь при условии, что источник будет подключаться к контуру в те интервалы времени, когда возможна передача энергии конденсатору. Для этого необходимо обеспечить автоматическую работу ключа (или клапана, как его часто называют). При высокой частоте колебаний ключ должен обладать надёжным быстроедействием. В качестве такого практически безынерционного ключа и используется транзистор.

Транзистор, напомним, состоит из трёх различных полупроводников: эмиттера, базы и коллектора. Эмиттер и коллектор имеют одинаковые основные носители заряда, например дырки (это полупроводник p -типа), а база имеет основные носители противоположного знака, например электроны (полупроводник n -типа). Схематическое изображение транзистора показано на рисунке 17.

Работа генератора на транзисторе

Упрощённая схема генератора на транзисторе показана на рисунке 18.

Колебательный контур соединён последовательно с источником напряжения и транзистором таким образом, что на эмиттер подаётся положительный потенциал, а на коллектор — отрицательный. При этом переход эмиттер — база (эмиттерный переход) является прямым, а переход база — коллектор (коллекторный переход) оказывается обратным, и ток в цепи не идёт. Это соответствует разомкнутому ключу на рисунках 15 и 16.

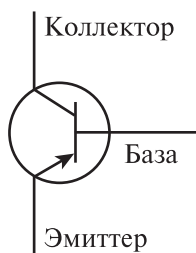


Рис. 17. Схематическое изображение транзистора

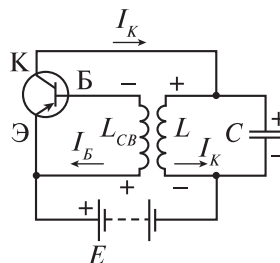


Рис. 18. Упрощённая схема генератора на транзисторе

Чтобы в цепи контура возникал ток и подзаряжал конденсатор контура в ходе колебаний, нужно сообщать базе отрицательный относительно эмиттера потенциал, причём в те интервалы времени, когда верхняя (см. рисунок 18) пластина конденсатора заряжена положительно, а нижняя — отрицательно. Это соответствует замкнутому ключу на рисунке 15.

В интервалы времени, когда верхняя пластина конденсатора заряжена отрицательно, а нижняя — положительно, ток в цепи контура должен отсутствовать. Для этого база должна иметь положительный потенциал относительно эмиттера.

Таким образом, для компенсации потерь энергии колебаний в контуре напряжение на эмиттерном переходе должно периодически менять знак в строгом соответствии с колебаниями напряжения на контуре. Необходима, как говорят, **обратная связь**.

Обратная связь в рассматриваемом генераторе индуктивная. К эмиттерному переходу подключена катушка индуктивностью $L_{\text{св}}$, индуктивно связанная с катушкой индуктивностью L контура. Колебания в контуре вследствие электромагнитной индукции возбуждают колебания напряжения на концах катушки, а тем самым и на эмиттерном переходе. Если фаза колебаний напряжения на эмиттерном переходе подобрана правильно, то «толчки» тока в цепи контура действуют на контур в нужные интервалы времени, и колебания не затухают. Напротив, амплитуда колебаний в контуре возрастает до тех пор, пока потери энергии в контуре не станут точно компенсироваться поступлением энергии от источника. Эта амплитуда тем больше, чем больше напряжение источника. Увеличение напряжения приводит к усилению «толчков» тока, подзаряжающего конденсатор.

Генераторы на транзисторах широко применяются не только во многих радиотехнических устройствах: радиоприёмниках, передающих радиостанциях, усилителях и т.д., но и в современных электронно-вычислительных машинах.

Основные элементы автоколебательной системы

На примере генератора на транзисторе можно выделить основные элементы, характерные для многих автоколебательных систем (рис. 19).

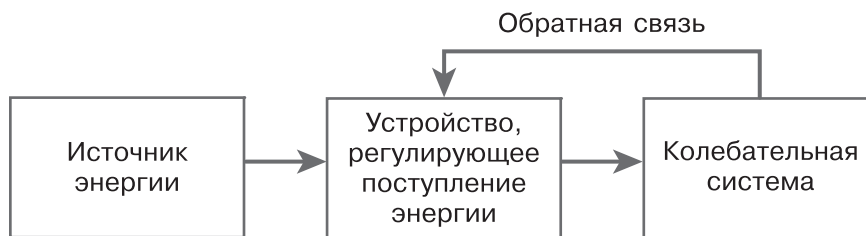


Рис. 19. Элементы автоколебательной системы

1. Источник энергии, за счёт которого поддерживаются незатухающие колебания (в генераторе на транзисторе это источник постоянного напряжения).

2. Колебательная система — та часть автоколебательной системы, непосредственно в которой происходят колебания (в генераторе на транзисторе это колебательный контур).

3. Устройство, регулирующее поступление энергии от источника в колебательную систему, — клапан (в рассмотренном генераторе роль клапана выполняет транзистор).

4. Устройство, обеспечивающее обратную связь, с помощью которой колебательная система управляет клапаном (в генераторе на транзисторе предусмотрена индуктивная связь катушки контура с катушкой в цепи эмиттер — база).

Примеры других автоколебательных систем

Автоколебания возбуждаются не только в электрических системах, но и в механических. К таким системам относятся обычные часы с маятником или балансиром (колёсиком с пружинкой, совершающим крутильные колебания). Источником энергии в часах служит потенциальная энергия поднятой гири или сжатой пружины.

К автоколебательным системам относятся электрический звонок с прерывателем, свисток, органные трубы и многое другое. Наше сердце и лёгкие также можно рассматривать как автоколебательные системы.

Мы ознакомились с наиболее сложным видом колебаний — автоколебаниями. В автоколебательных системах вырабатываются незатухающие колебания различных частот. Без таких систем не было бы ни современной радиосвязи, ни телевидения, ни ЭВМ.

Урок 15.3. Электромагнитные волны. § 10

Из созданной Максвеллом теории можно сделать вывод о том, что быстропеременное электромагнитное поле должно распространяться в пространстве в виде поперечных волн. Причём эти волны могут существовать не только в веществе, но и в вакууме. Опираясь исключительно на теоретические выводы, Максвелл определил также, что электромагнитные волны должны распространяться в вакууме со скоростью 300 000 км/с, т.е. со скоростью света (скорость света, как известно, была измерена задолго до этого).

Вы уже знаете, что в механических волнах, например в звуковых волнах, энергия передаётся от одних частиц среды к другим. При этом частицы приходят в колебательное движение, т.е. их смещение от положения равновесия периодически меняется. Для передачи звука обязательно нужна вещественная среда.

В связи с тем что электромагнитные волны распространяются как в веществе, так и в вакууме, возникает вопрос: что совершает колебания в электромагнитной волне, т.е. какие физические величины периодически меняются в ней?

Электромагнитная волна представляет собой систему порождающих друг друга и распространяющихся в пространстве переменных электрического и магнитного полей.

Напомним, что количественной характеристикой магнитного поля является вектор магнитной индукции B .

Основной количественной характеристикой электрического поля служит векторная величина, называемая напряжённостью электрического поля, которая обозначается E . Напряжённость E электрического поля в какой-либо его точке равна отношению силы F , с которой поле действует на точечный положительный заряд, помещённый в эту точку, к значению этого заряда q .

Когда говорят, что магнитное и электрическое поля меняются, то это означает, что меняются соответственно вектор индукции магнитного поля B и вектор напряжённости электрического поля E .

В электромагнитной волне именно векторы B и E периодически меняются по модулю и по направлению, т.е. колеблются.

На рисунке 20 представлена модель электромагнитной волны. Вектор напряжённости электрического поля E и вектор индукции магнитного поля B электромагнитной волны изображены в один и тот же момент времени. Плоскость, проведённая через векторы B и E в любой точке, перпендикулярна направлению распространения волны, что говорит о поперечности волны.

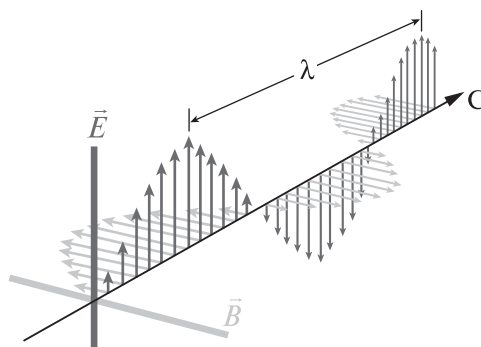


Рис. 20. Модель электромагнитной волны

За время, равное периоду колебаний, волна переместится вдоль на расстояние, равное длине волны. Для электромагнитных волн справедливы те же соотношения между длиной волны λ , её скоростью c , периодом T и частотой ν колебаний, что и для механических волн.

Дж. Максвелл не только научно обосновал возможность существования электромагнитных волн, но и указал, что для создания интенсивной электромагнитной волны, которую можно было бы зарегистри-

ровать приборами на некотором расстоянии от источника, необходимо, чтобы колебания векторов E и B происходили с достаточно высокой частотой (порядка 100000 колебаний в секунду и больше).

В 1888 г. немецкому учёному одному из основоположников электродинамики Генриху Герцу удалось экспериментально доказать существование электромагнитных волн (рис. 21). Он сумел получить и зарегистрировать электромагнитные волны.

В результате опытов Герца были также обнаружены все свойства электромагнитных волн, теоретически предсказанные Дж. Максвеллом.

Всё окружающее нас пространство буквально пронизано электромагнитными волнами различных частот.



Рис. 21. Генрих Герц (1857–1894)

Глава III. Волновые свойства света

Урок 21.1. Скорость света и её опытное определение. § 12

Новое измерение скорости света

А. Майкельсон, подобно капитану на мостике корабля, с увлечением руководил подготовкой операции, вникая в каждую мелочь. Были приняты все возможные меры предосторожности, чтобы исключить или свести к минимуму погрешности. Учёный мир с интересом наблюдал за приготовлениями. Наконец всё было готово, и свет от дуговой лампы был направлен к зеркалу на Сан-Антонио и отразился на вращающуюся призму на горе Маунт-Вильсон (рис. 22). Измерения проводились каждую ясную ночь с десяти часов вечера до полуночи, и каждая серия наблюдений продолжалась несколько недель. Результаты измерений ежедневно поступали в штаб Майкельсона в Пасадене.

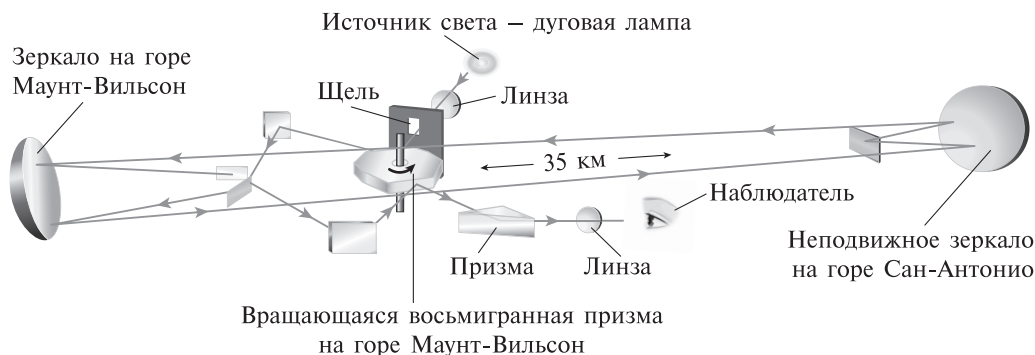


Рис. 22. Усовершенствования, внесённые А. Майкельсоном в свою установку. Принцип остался тот же (основным изменением было увеличение пути светового луча)

Начиная с 1924 г. и до начала 1927 г. было проведено пять независимых серий наблюдений. Средний результат скорости света равнялся 299 798 км в секунду.

Но А. Майкельсон всё ещё не был вполне удовлетворён. Он надеялся, что, если увеличить длину пути светового луча и перенести опыт в другую местность, ему удастся получить ещё более точное значение скорости света. В своём сообщении об опыте на горе Сан-Антонио он писал: «Успех измерений на расстоянии 22 миль, большинство из которых проводились не в самых благоприятных условиях (туман и дым от лесных пожаров), указывает на целесообразность проведения опыта на значительно большем расстоянии».

Для такого опыта он выбрал гору Сан-Хасинто, расположенную в 130 км от горы Маунт-Вильсон. Он даже провёл предварительное испытание. Но свет от дуговой лампы на обратном пути так сильно ослаблялся дымом и туманом, что от этой идеи пришлось отказаться.

А. Майкельсон вернулся в Чикаго и в ноябре 1928 г. поехал в Вашингтон на юбилейную научную конференцию в Национальном бюро стандартов. Она была создана Оптическим обществом Америки в честь пятидесятилетия со времени опубликования первой работы А. Майкельсона (1878) о скорости света и в знак признания его огромных заслуг в области оптики. Эта конференция неофициально так и называлась — Майкельсоновская конференция, а сам А. Майкельсон, разумеется, был на ней почётным гостем.

Заключительная попытка

В следующем году у А. Майкельсона, которому было в то время семьдесят семь лет, произошло серьёзное кровоизлияние в мозг. Он ушёл в отставку из университета, много рисовал и ходил пешком, стараясь восстановить пошатнувшееся здоровье. Это было нелегко. Однако он не переставал мечтать о возвращении к исследованию скорости света. А. Майкельсон надеялся, что, набравшись сил, проведёт ещё одно определение значения скорости света. Он вернулся к тому, с чего начинал более пятидесяти лет назад. Он лелеял мысль избавиться от помех в виде тумана, дыма и даже самой прозрачной атмосферы и хотел поставить опыт так, чтобы луч проходил через пустоту, если это будет возможно, через почти абсолютный вакуум.

И тут А. Майкельсон опять получил приглашение в Пасадену. «Хэл сказал, что Маунт-Вильсон и Калтеч в моём распоряжении, — рассказывал он. — Искушение было слишком велико. Я поехал». Ему были предоставлены все необходимые средства и аппаратура. Фонд Рокфеллера выделил на проведение опыта 30 000 долларов, корпорация Карнеги — 27 500 долларов, а Чикагский университет — 10 000 долларов.

Местом для грандиозного опыта выбрали ранчо Ирвина неподалеку от города Санта Ана в Южной Калифорнии. Береговой и геодезической службе Соединённых Штатов опять было поручено измерение расстояния. Из листов рифлёной стали были скатаны гигантские трубы. Состояли они из 18-метровых секций диаметром около метра, склёпанных воедино. Получилась труба длиной более 1,5 км. Она обошлась в 50 тыс. долларов. В неё можно было проникнуть через четыре люка — два на концах и два в основной секции трубы. «Сперри джироскоп компани» опять изготовила вращающиеся стальные зеркала с 8, 16 и 32 гранями. Кроме того, было изготовлено 32-гранное зеркало из первоклассного оптического стекла.

Трубу запаяли и специальными насосами несколько дней и ночей подряд откачивали из неё воздух, пока давление в трубе не опустилось до 0,5 мм рт.ст. (нормальное давление равно 760 мм рт.ст.). Источником света служила дуговая лампа. Многократно отражаясь, свет должен был пройти путь примерно 16 км. Впервые в истории измерение скорости света производилось почти в абсолютном вакууме.

Между тем здоровье А. Майкельсона оставляло желать лучшего. Он так и не смог оправиться настолько, чтобы собственноручно проводить измерения. Ими занимались Фрэнсис Г. Пиз и Фред Пирсон, они же и сводили воедино результаты. В течение 1930 г. и начала 1931 г. были проведены сотни наблюдений. А. Майкельсон руководил работами, лёжа в постели. Один он никогда не справился бы с то и дело возникавшими проблемами, требующими немедленного разрешения. Каждый раз, когда что-то портилось в аппаратуре, приходилось пускать в трубу воздух, чтобы можно было туда проникнуть и исправить повреждение. А потом нужно было ждать сорок восемь часов, пока насосы снова откачают воздух. Тепловые волны искажали световое изображение, поэтому большую часть работы приходилось делать ночью, когда становилось прохладно.

В начале 1931 г., когда работа была ещё далека от завершения, а А. Майкельсон как будто оправлялся от последствий болезни, в Пасадене проходила научная конференция, на которой присутствовал Эйнштейн и многие крупные учёные из разных стран. 15 января должен был состояться банкет в честь доктора Эйнштейна и его супруги. А. Майкельсон, конечно, тоже был приглашён. Чувствовал он себя тогда достаточно хорошо и был очень рад возможности присутствовать на этом торжественном собрании, которое состоялось в только что построенном великолепном здании Афиниума.

Эйнштейн произнёс небольшую речь. Поблизости от него сидели крупнейшие учёные — А. Майкельсон, Р. Милликен, Дж. Хэл и др. «Я рад оказаться в обществе тех, — начал Эйнштейн, — которые в течение многих лет были мне верными товарищами в работе». Затем, повернувшись к А. Майкельсону, он продолжал: «Вы, уважаемый доктор Майкельсон, начали свои исследования, когда я был ещё мальчишкой. Вы открыли физикам новые пути и своими замечательными экспериментами проложили дорогу для теории относительности. Вы вскрыли ошибочность эфирной теории света и стимулировали идеи Лорен-

ца и Фитцджеральда, из которых развилась специальная теория относительности. Без вашей работы эта теория была бы и поныне лишь интересным предположением. Она получила первое реальное подтверждение в ваших опытах».

А. Майкельсон был глубоко взволнован. Это была самая высокая похвала. Он встал, чтобы поблагодарить за столь щедрую оценку его заслуг. А. Майкельсон редко произносил речи, а когда ему случалось выступать, всегда говорил кратко и по существу. И на этот раз он не изменил себе. Он поблагодарил Эйнштейна от своего имени и от имени своего покойного сотрудника Эдуарда Морли, умершего восемь лет тому назад. А. Майкельсон никогда не забывал отдать должное своим сотрудникам и помощникам.

Это было последним публичным выступлением А. Майкельсона. Он попытался вернуться к работе, но 1 марта не смог встать с постели. Начался постепенный паралич, и он стал быстро слабеть. Между тем из Санта Ана поступали всё новые данные. Собрав последние силы, А. Майкельсон медленно, но чётко продиктовал Ф. Пизу вступление к статье, которая должна была подвести окончательный итог опытам. Эту статью следовало послать для опубликования в «Астрофизикал джорнал».

Состояние А. Майкельсона продолжало ухудшаться, но он отказывался признать, что серьёзно болен. «Моё здоровье налаживается», — оптимистически писал он за сорок восемь часов до того, как впал в бессознательное состояние. Возле него находились жена, одна из дочерей и две сиделки. К ним присоединились Ф. Пиз и К. Пирсон. В двенадцать часов пятьдесят пять минут 9 мая 1931 г. А. Майкельсон тихо скончался, не приходя в себя.

Пастор местной юнионистско-либеральной церкви отслужил у него в доме очень скромную и короткую службу. По просьбе вдовы А. Майкельсона сообщение о его смерти появилось в печати лишь после похорон. На похоронах присутствовали жена А. Майкельсона, Эдна, их три дочери Мадлен, Дороти и Бетрис и ещё несколько родственников и ближайших друзей. Милликен, Хэл и Хэббл вынесли гроб к катафалку. Тело, согласно желанию А. Майкельсона, было кремировано, и прах развеян по ветру.

Учёные всего мира отмечали его заслуги перед наукой. Эйнштейн узнал о смерти А. Майкельсона в Англии, где он читал курс лекций в Оксфорде. «Доктор Майкельсон был одним из величайших художников в мире научного эксперимента», — сказал он.

Трое ближайших сотрудников А. Майкельсона по Чикагскому университету — Форест Р. Моултон, Генри Дж. Гейл и Гарвей Б. Лемон, знавшие его в течение четверти века, писали в некрологе: «Его жизнь была великолепным примером целеустремленности, неподвластной превратностям судьбы. Казалось, что даже силы любви, ненависти, ревности, зависти, тщеславия почти не задевали его. Поглощённый научными исследованиями, он довольно безразлично относился к людям в целом, но тем не менее у него были преданные друзья, дружбу которых он бережно хранил... Основным содержанием и целью его жизни были научные занятия, эстетическое наслаждение, получаемое от работы... Ему была чужда спешка, суета. Его не бросало в жар при мысли, что для науки или всего человечества наступил решительный момент. Он не трепетал, стоя на пороге великого открытия...

Он был мягок и спокоен и лишён всякой аффектации, как море в солнечный день — безмятежное, необозримое, неизмеримое... Такой характер можно чувствовать, но нельзя анализировать. А. Майкельсон никому не открывал своей души, но все понимали, что в глубине её таится многое, недоступное взорам. Очень мало людей знали его близко».

После смерти А. Майкельсона работы по измерению скорости света в вакуумной трубе длиной более 1,5 км продолжались ещё почти два года. В 1933 г. во время землетрясения в Лонг Бич установка оказалась разрушенной, но к этому времени все наблюдения были уже закончены. Всего было сделано 2885 определений. Средняя скорость света в вакууме оказалась равной 299 774 км в секунду. Эта цифра была на 24 км меньше цифры, найденной во время опытов на вершинах двух гор. Международный геофизический и геодезический союз и Международный научный союз по вопросам радио приняли значение скорости света, равное 299 792,5 км в секунду. Эта цифра лежит в пределах экспериментальной ошибки определения А. Майкельсона.

Заглавие статьи, содержавшей сообщение о последнем опыте Майкельсона, перекликалось с заглавием его первой работы, опубликованной более чем за полвека. До этого, когда он ещё был лейтенантом А. Майкельсоном, она называлась «О методе измерения скорости света». Последняя работа, озаглавлен-

ная «Измерение скорости света в частичном вакууме», явилась завершением великого вклада Майкельсона в науку.

Продолжение поисков

В научных исследованиях не бывает последнего слова или окончательного решения. Если бы А. Майкельсон пришёл сегодня в крупнейшие научные лаборатории мира, он обнаружил бы, что исследователи всё ещё бьются над теми же проблемами, которые пытались разрешить он и другие учёные его времени. Твёрдо установившиеся научные идеи непрестанно ниспровергаются, заменяются, расширяются или дополняются. Так произошло с законами Ньютона, видоизменёнными Эйнштейном. А как обстоит дело со скоростью света — этой постоянной, которую А. Майкельсон, казалось бы, изловил раз и навсегда? Относительно неё тоже существуют сомнения. Учёные снова и снова подступались к ней с новыми приборами и новыми методами. В 1939 г. две группы исследователей — одна в Гарвардском университете, а другая в Германии, используя электронный световой затвор (ячейка Керра), получили несколько различные результаты: 299 798 км/с в США и 299 799 км/с в Германии. Два года спустя учёные национального бюро стандартов получили цифру 299 795 км/с. В 1951 г. капитан Береговой и геодезической службы США Карл И. Аслаксон при испытании радарной системы получил величину, равную 299 805 км/с. Три года спустя группа английских учёных повторила его результат.

Было высказано предположение, что скорость света всё же не является постоянной величиной. Некоторые учёные утверждают, что она изменилась, указывая на разницу в результатах измерений, проделанных до Второй мировой войны и после неё с промежутком в десять лет. Она составляет приблизительно 16 км/с. Профессор Техасского технологического колледжа Дж.Х. Раш считает, что «к этому нельзя относиться с излишней лёгкостью и объяснять неизбежными техническими погрешностями». Раш считает, что «новые измерения могут привести к новому открытию». И поиски продолжаются¹.

А как обстоит дело с вопросом об эфире? В 1899 г. Майкельсон коснулся этой проблемы в своих лоуэлловских лекциях. «Предположим, — сказал он, — что сжатие эфира соответствует электрическому заряду, смещение эфира — электрическому току, эфирные вихри — атомам; если мы продолжим эти предположения, то придём к выводу, который может явиться одним из величайших обобщений современной науки, — что все явления физической Вселенной лишь различные выражения многообразных видов движения одного всепроникающего вещества — эфира. Мне представляется, что недалёк тот день, когда линии многих, казалось бы, отдалённых областей мысли, наконец, сойдутся на одной общей плоскости. Тогда и природа атома, и характер химической связи атомов, и взаимодействие между ними, и непрерывный эфир, заявляющий о себе через свет и электричество, и структура молекулы, и объяснение сцепления, упругости и притяжения — всё это найдёт своё место в единой и последовательной системе научного знания».

С тех пор прошло более шестидесяти лет, но пророчество А. Майкельсона всё ещё не осуществилось. Свет и другие виды электромагнитного излучения по-прежнему не нуждаются в какой-либо проводящей среде. Идея эфира окончательно отвергнута в значительной степени благодаря гению А. Майкельсона.

Урок 27.7. Дисперсия света. § 15

Дисперсия света предоставила возможность впервые достаточно достоверно обосновать составную сущность белого света. Так же этот феномен можно увидеть, к примеру, при преломлении света в каплях воды, на траве или в атмосфере при формировании радуги или же около фонарей в тумане.

Один из наиболее убедительных маркеров дисперсии — разложение белого света при пропускании его сквозь призму — опыт Ньютона. Ньютон устремил луч солнечного света сквозь небольшой просвет на стеклянную призму (рис. 23).

Попадая на призму, луч преломлялся и образовывал на противостоящей стене растянутый рисунок радужной последовательности цветов — спектр.

Запомнить полученную последовательность не сложно: «Каждый Охотник Желает Знать, Где Сидит Фазан».

Далее учёный, наоборот, сконцентрировал исходящие из призмы цветные лучи, применив собирающие линзы, и получил на белой стене вместо окрашенной полосы белое изображение просвета.

¹ Из книги: *Джефф Б.* Майкельсон и скорость света. М.: Иностранная литература, 1963.

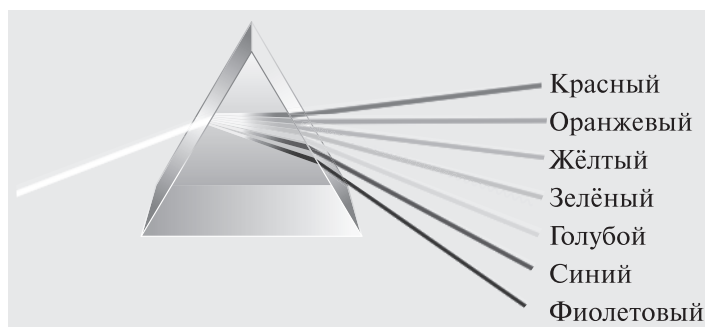


Рис. 23. Дисперсия света

Ньютоном были сделан ряд заключений:

- призма не изменяет свет, а только разделяет его на составляющие;
- световые лучи, различающиеся по цвету, различаются по степени преломляемости;

$$n_{\text{ф}} = \frac{c}{v_{\text{ф}}} \quad n_{\text{кр}} = \frac{c}{v_{\text{кр}}} \quad v_{\text{кр}} > v_{\text{ф}} \Rightarrow n_{\text{ф}} > n_{\text{кр}}$$

- у света красного цвета фазовая скорость распространения в среде наибольшая, а степень преломления — наименьшая;
- у света фиолетового цвета фазовая скорость распространения в среде наименьшая, а степень преломления — наибольшая.

Взаимосвязь значения преломления света от его цвета называется **дисперсией**.

И всё же в отдельных средах (к примеру, в парах йода) проявляется феномен **аномальной дисперсии**, при котором синие лучи преломляются меньше, чем красные, а другие лучи поглощаются веществом и от человека скрыты. Вообще, аномальная дисперсия имеет место фактически у всех газов на частотах вблизи линий поглощения, но у паров йода она достаточно благоприятна для мониторинга в оптическом диапазоне, где чрезвычайно интенсивно поглощается свет.

Урок 32.12. Поляризация света. § 18

В начале XIX в., когда Т. Юнг и О. Френель развивали волновую теорию света, природа световых волн была неизвестна. На первом этапе предполагалось, что свет представляет собой продольные волны, распространяющиеся в некоторой гипотетической среде — **эфире**. При изучении явлений интерференции и дифракции вопрос о том, являются ли световые волны продольными или поперечными, имел второстепенное значение. В то время казалось невероятным, что свет — это поперечные волны, так как по аналогии с механическими волнами пришлось бы предполагать, что эфир — это твёрдое тело (поперечные механические волны не могут распространяться в газообразной или жидкой среде).

Однако постепенно накапливались экспериментальные факты, свидетельствующие в пользу поперечности световых волн. Ещё в конце XVII в. было обнаружено, что кристалл исландского шпата (CaCO_3) раздваивает проходящие через него лучи. Это явление получило название **двойного лучепреломления** (рис. 24). Если кристалл поворачивать относительно направления первоначального луча, то поворачиваются оба луча, прошедшие через кристалл.

В 1809 г. французский инженер Э. Малюс открыл закон, названный его именем. В опытах Э. Малюса свет последовательно пропусклся через две одинаковые пластинки из турмалина (прозрачное кристаллическое вещество зеленоватой окраски). Пластинки можно было поворачивать друг относительно друга на угол ϕ (рис. 25).

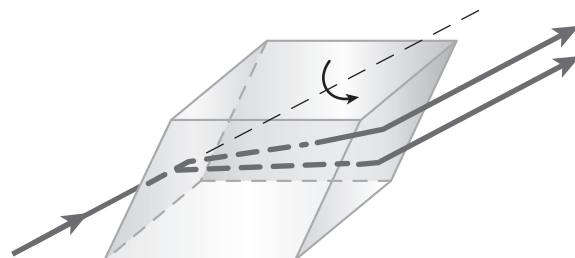


Рис. 24. Двойное лучепреломление

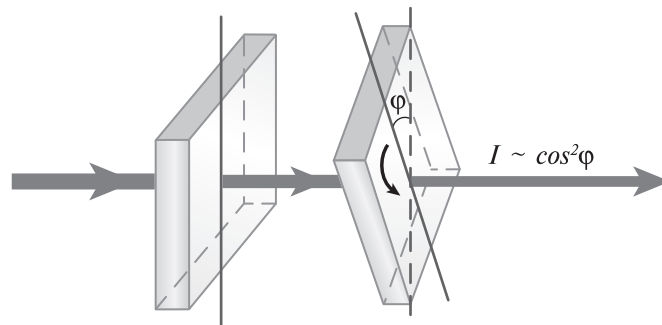


Рис. 25. Опыт Э. Малюса

Ни двойное лучепреломление, ни закон Малюса не могут найти объяснение в рамках теории продольных волн. Для продольных волн направление распространения луча является осью симметрии. В продольной волне все направления в плоскости, перпендикулярной лучу, равноправны. В поперечной волне (например, в волне, бегущей по резиновому жгуту) направление колебаний и перпендикулярное ему направление не равноправны (рис. 26).

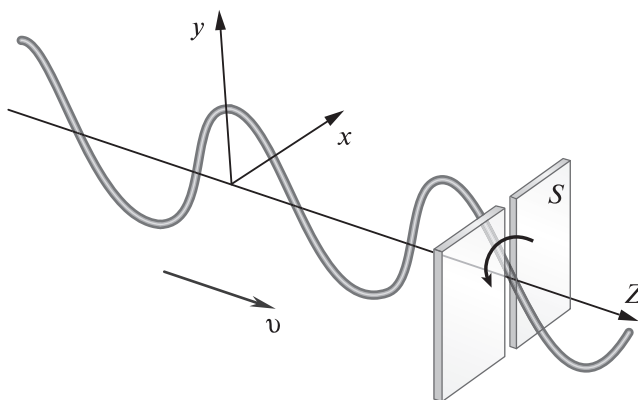


Рис. 26. Колебания в поперечной волне

Частицы колеблются вдоль оси y . Поворот щели S вызовет затухание волны. Таким образом, асимметрия относительно направления распространения (луча) является решающим признаком, который отличает поперечную волну от продольной. Впервые догадку о поперечности световых волн высказал в 1816 г. Т. Юнг. Френель, независимо от Юнга, также выдвинул концепцию поперечности световых волн, обосновал её многочисленными экспериментами и создал теорию двойного лучепреломления света в кристаллах.

В середине 60-х гг. XIX в. на основании совпадения известного значения скорости света со скоростью распространения электромагнитных волн Максвелл сделал вывод о том, что свет — это **электромагнитные волны**. К тому времени поперечность световых волн уже была доказана экспериментально. Поэтому Дж. Максвелл справедливо полагал, что поперечность электромагнитных волн является ещё одним важнейшим доказательством электромагнитной природы света.

Электромагнитная теория света приобрела должную стройность, поскольку исчезла необходимость введения особой среды распространения волн — эфира, который приходилось рассматривать как твёрдое тело.

В электромагнитной волне вектор E и вектор B перпендикулярны друг другу и лежат в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны. Во всех процессах взаимодействия света с веществом основную роль играет электрический вектор E , поэтому его называют **световым вектором**. Если при распространении электромагнитной волны световой вектор сохраняет свою ориентацию, такую волну

называют **линейно поляризованной** или **плоско поляризованной** (термин **поляризация волн** был введён Э. Малюсом применительно к поперечным механическим волнам). Плоскость, в которой колеблется световой вектор E , называется **плоскостью колебаний**, а плоскость, в которой совершает колебание магнитный вектор B , — **плоскостью поляризации**.

Линейно поляризованный свет испускается лазерными источниками. Свет может оказаться поляризованным при отражении или рассеянии. В частности, голубой свет от неба частично или полностью поляризован. Однако свет, испускаемый обычными источниками (например, солнечный свет, излучение ламп накаливания и т.п.), **неполяризован**. Свет таких источников в каждый момент состоит из вкладов огромного числа независимо излучающих атомов с различной ориентацией светового вектора в излучаемых этими атомами волнах. Поэтому в результирующей волне вектор E беспорядочно изменяет свою ориентацию во времени, так что в среднем все направления колебаний оказываются равноправными. **Неполяризованный свет** называют также **естественным светом**.

В каждый момент времени вектор E может быть спроектирован на две взаимно перпендикулярные оси (рис. 27).

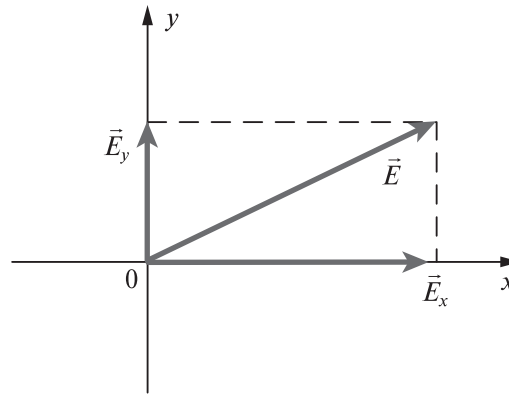


Рис. 27. Проекция вектора E на оси координат

Это означает, что любую волну (поляризованную и неполяризованную) можно представить как суперпозицию двух линейно поляризованных во взаимно перпендикулярных направлениях волн:

$$\vec{E}(t) = \vec{E}_x(t) + \vec{E}_y(t).$$

Но в поляризованной волне обе составляющие $E_x(t)$ и $E_y(t)$ когерентны, а в неполяризованной — **некогерентны**, т.е. в первом случае разность фаз между $E_x(t)$ и $E_y(t)$ постоянна, а во втором она является случайной функцией времени.

Явление двойного лучепреломления света объясняется тем, что во многих кристаллических веществах показатели преломления волн, линейно поляризованных во взаимно перпендикулярных направлениях, различны. Поэтому кристалл раздваивает проходящие через него лучи (см. рисунок 24). Два луча на выходе кристалла линейно поляризованы во взаимно перпендикулярных направлениях. Кристаллы, в которых происходит двойное лучепреломление, называются **анизотропными**.

У многих кристаллов поглощение света сильно зависит от направления электрического вектора в световой волне. Это явление называют **дихроизмом**. Этим свойством, в частности, обладают пластины турмалина, использованные в опытах Э. Малюса. Пластина турмалина может быть использована как для получения поляризованного света (**поляризатор**), так и для анализа характера поляризации света (**анализатор**). В настоящее время широко применяются искусственные дихроичные плёнки, которые называются **поляроидами**. Поляроиды почти полностью пропускают волну разрешённой поляризации и не пропускают волну, поляризованную в перпендикулярном направлении. Таким образом, поляроиды можно считать идеальными **поляризационными фильтрами**.

Урок 33.13. Шкала электромагнитных волн. § 19

В настоящее время все электромагнитные волны разделены по длинам волн (и соответственно по частотам) на шесть основных диапазонов, которые представлены на рисунке 28.

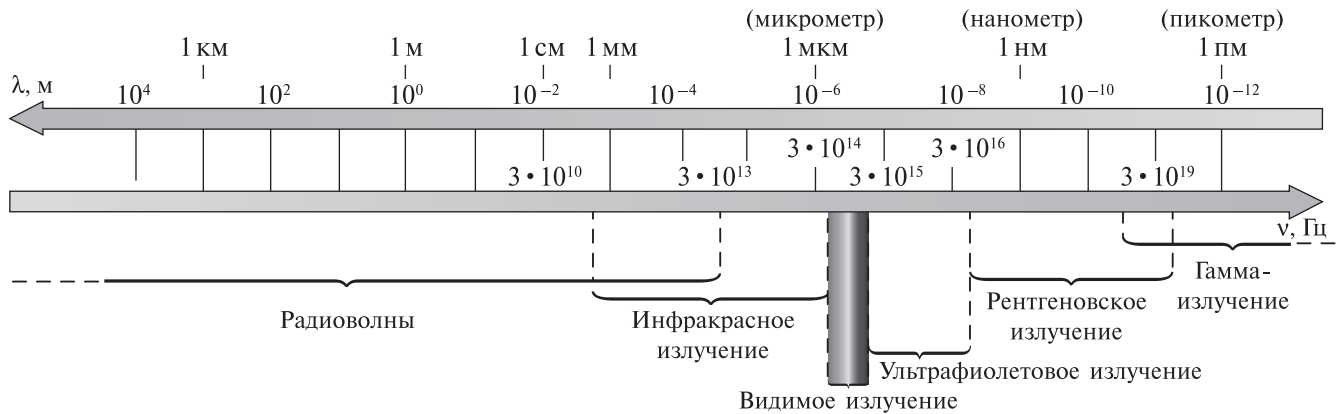


Рис. 28. Диапазоны электромагнитных волн

Границы диапазонов весьма условны, поэтому, как видно из рисунка 28, в большинстве случаев соседние диапазоны несколько перекрывают друг друга.

Электромагнитные волны разных частот отличаются друг от друга проникающей способностью, скоростью распространения в веществе, видимостью, цветностью и некоторыми другими свойствами.

Они могут оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на живые организмы. Например, инфракрасное, т.е. тепловое, излучение играет определяющую роль в поддержании жизни на Земле, поскольку люди, животные и растения могут существовать и нормально функционировать только при определённых температурах.

Видимый свет даёт нам информацию об окружающем мире и возможность ориентироваться в пространстве. Он необходим также для протекания процесса фотосинтеза в растениях, в результате чего выделяется кислород, необходимый для дыхания живых организмов.

Влияние на человека ультрафиолетового излучения (вызывающего загар) в большой степени определяется интенсивностью и продолжительностью облучения. В допустимых дозах оно повышает сопротивляемость организма человека к различным заболеваниям, в частности инфекционным. Превышение допустимой дозы может вызвать ожоги кожи, развитие онкологических заболеваний, ослабление иммунитета, повреждение сетчатки глаз. Глаза можно защитить с помощью стеклянных очков (как тёмных, так и прозрачных, но не пластиковых), так как стекло поглощает значительную часть ультрафиолетового излучения. Рентгеновское излучение широко применяется в медицине — флюорографическое обследование или рентгеновский снимок наверняка делали каждому человеку. Но слишком большие дозы или частые обследования с помощью рентгеновских лучей могут вызвать серьёзные заболевания.

Электромагнитные волны имеют огромное научное и практическое значение. В этом можно убедиться на примере всего лишь одного диапазона — радиоволн, применяемых для телевизионной и радиосвязи, в радиолокации (т.е. для обнаружения объектов и измерения расстояния до них), в радиоастрономии и других сферах деятельности.

Глава IV. Современные физические теории

Урок 37.1. Постулаты специальной теории относительности. § 20

Классическая механика Ньютона прекрасно описывает движение макротел, движущихся с малыми скоростями ($v \ll c$). В нерелятивистской физике считался очевидным факт о существовании единого мирового времени t , одинакового во всех системах отсчёта. В основе классической механики лежит **механический принцип относительности** (или **принцип относительности Г. Галилея**): законы динамики одинаково-

вы во всех инерциальных системах отсчёта. Этот принцип означает, что законы динамики инвариантны (т.е. неизменны) относительно **преобразований Галилея**, которые позволяют вычислить координаты движущегося тела в одной инерциальной системе (K), если заданы координаты этого тела в другой инерциальной системе (K'). В частном случае, когда система K' движется со скоростью v вдоль положительного направления оси x системы K (рис. 29), преобразования Г. Галилея имеют вид:

$$x = x' + vt', y = y', z = z', t = t'.$$

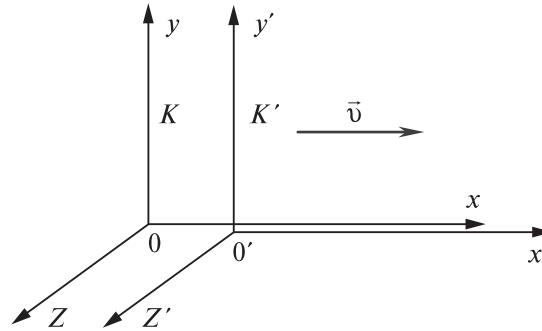


Рис. 29. Инерциальные системы

Предполагается, что в начальный момент оси координат обеих систем совпадают.

Из преобразований Галилея следует классический **закон преобразования скоростей** при переходе от одной системы отсчёта к другой:

$$u_x = u'_x + v, u_y = u'_y, u_z = u'_z.$$

Ускорения тела во всех инерциальных системах отсчёта оказываются одинаковыми:

$$a_x = a'_x, a_y = a'_y, a_z = a'_z \text{ или } \vec{a} = \vec{a}'.$$

Следовательно, уравнение движения классической механики (второй закон Ньютона) не меняет своего вида при переходе от одной инерциальной системы к другой.

$$m\vec{a} = \vec{F}.$$

К концу XIX в. начали накапливаться опытные факты, которые вступили в противоречие с законами классической механики. Большие затруднения возникли при попытках применить механику Ньютона к объяснению распространения света. Предположение о том, что свет распространяется в особой среде — эфире, было опровергнуто многочисленными экспериментами. А. Майкельсон в 1881 г., а затем в 1887 г. совместно с Э. Морли (оба — американские физики) пытался обнаружить движение Земли относительно эфира («эфирный ветер») с помощью интерференционного опыта. Упрощённая схема опыта Майкельсона—Морли представлена на рисунке 30.

В этом опыте одно из плеч интерферометра Майкельсона устанавливалось параллельно направлению орбитальной скорости Земли ($v = 30$ км/с). Затем прибор поворачивался на 90° , и второе плечо оказывалось ориентированным по направлению орбитальной скорости. Расчёты показывали, что если бы неподвижный эфир существовал, то при повороте прибора интерференционные полосы должны были сместиться на расстояние, пропорциональное $(v/c)^2$.

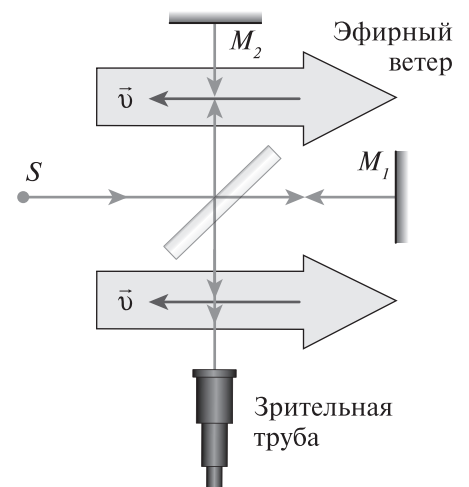


Рис. 30. Упрощённая схема Майкельсона — Морли

Опыт Майкельсона—Морли, неоднократно повторенный впоследствии со всё более возрастающей точностью, дал отрицательный результат. Анализ результатов опыта Майкельсона—Морли и ряда других экспериментов позволил сделать вывод о том, что представления об эфире как среде, в которой распространяются световые волны, ошибочно. Следовательно, для света не существует избранной (абсолютной) системы отсчёта. Движение Земли по орбите не оказывает влияния на оптические явления на Земле.

Исключительную роль в развитии представлений о пространстве и времени сыграла теория Дж. Максвелла. К началу XX в. эта теория стала общепризнанной. Предсказанные теорией Дж. Максвелла *электромагнитные волны*, распространяющиеся с конечной скоростью, уже нашли практическое применение — в 1895 г. было изобретено радио (А.С. Попов). Но из теории Дж. Максвелла следовало, что скорость распространения электромагнитных волн в любой инерциальной системе отсчёта имеет одно и то же значение, равное скорости света в вакууме. Отсюда следует, что уравнения, описывающие распространение электромагнитных волн, не инвариантны относительно преобразований Галилея. Если электромагнитная волна (в частности, свет) распространяется в системе отсчёта K' (см. рисунок 29) в положительном направлении оси OX' , то в системе K свет должен, согласно галилеевской кинематике, распространяться со скоростью $c + v$, а не со скоростью c .

Итак, на рубеже XIX и XX вв. физика переживала глубокий кризис. Выход был найден А. Эйнштейном ценой отказа от классических представлений о пространстве и времени. Наиболее важным шагом на этом пути явился пересмотр используемого в классической физике понятия абсолютного времени. Классические представления, кажущиеся наглядными и очевидными, в действительности оказались несостоятельными. Многие понятия и величины, которые в нерелятивистской физике считались абсолютными, т.е. не зависящими от системы отсчёта, в эйнштейновской теории относительности переведены в разряд относительных.

Так как все физические явления происходят в пространстве и во времени, новая концепция пространственно-временных закономерностей не могла не затронуть в итоге всю физику.

В основе специальной теории относительности лежат два принципа или постулата, сформулированные Эйнштейном в 1905 г.

1. Принцип относительности: *все законы природы инвариантны по отношению к переходу от одной инерциальной системы отсчёта к другой.* Это означает, что во всех инерциальных системах физические законы (не только механические) имеют одинаковую форму. Таким образом, принцип относительности классической механики обобщается на все процессы природы. Этот обобщённый принцип называют принципом относительности Эйнштейна.

2. Принцип постоянства скорости света: *скорость света в вакууме не зависит от скорости движения источника света или наблюдателя и одинакова во всех инерциальных системах отсчёта.* Скорость света в специальной теории относительности (СТО) занимает особое положение. Это предельная скорость передачи взаимодействий и сигналов из одной точки пространства в другую.

Эти принципы следует рассматривать как обобщение всей совокупности опытных фактов. Следствия из теории, созданной на основе этих принципов, подтверждались бесконечными опытными проверками. СТО позволила разрешить все проблемы «доэйнштейновской» физики и объяснить «противоречивые» результаты известных к тому времени экспериментов в области электродинамики и оптики. В последующее время СТО была подкреплена экспериментальными данными, полученными при изучении движения быстрых частиц в ускорителях, атомных процессах, ядерных реакций и т.п.

Постулаты СТО находятся в явном противоречии с классическими представлениями. Рассмотрим такой мысленный эксперимент: в момент времени $t = 0$, когда координатные оси двух инерциальных систем K и K' совпадают, в общем начале координат произошла кратковременная вспышка света. За время t системы сместятся относительно друг друга на расстояние vt , а сферический волновой фронт в каждой системе будет иметь радиус ct (рис. 31), так как системы равноправны и в каждой из них скорость света равна c .

С точки зрения наблюдателя в системе K центр сферы находится в точке O , а с точки зрения наблюдателя в системе K' он будет находиться в точке O' . Следовательно, центр сферического фронта одновременно находится в двух разных точках!

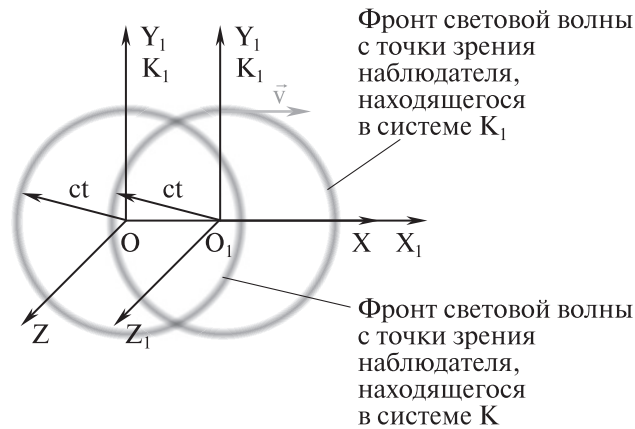


Рис. 31. Эксперимент для проверки СТО

Причина возникающего недоразумения лежит не в противоречии между двумя принципами СТО, а в допущении, что положение фронтов сферических волн для обеих систем относится к **одному и тому же моменту времени**. Это допущение заключено в формулах преобразования Галилея, согласно которым время в обеих системах течёт одинаково: $t = t'$. Следовательно, постулаты Эйнштейна находятся в противоречии не друг с другом, а с формулами преобразования Галилея. Поэтому на смену галилеевых преобразований СТО предложила другие формулы преобразования при переходе из одной инерциальной системы в другую — так называемые **преобразования Лоренца**, которые при скоростях движения, близких к скорости света, позволяют объяснить все релятивистские эффекты, а при малых скоростях ($v \ll c$) переходят в формулы преобразования Галилея. Таким образом, новая теория (СТО) не отвергла старую классическую механику Ньютона, а только уточнила пределы её применимости. Такая взаимосвязь между старой и новой, более общей теорией, включающей старую теорию как предельный случай, носит название **принципа соответствия**.

Урок 41.5. Фотоны. Корпускулярно-волновой дуализм. Давление света. § 23

Законы фотоэффекта Столетова и уравнение Эйнштейна для фотоэффекта не оставляли сомнений в прерывистом характере излучения и поглощения света веществом.

При испускании и поглощении свет ведёт себя подобно потоку частиц с энергией $E = h\nu$. Порция света оказалась очень похожей на частицу.

Свойства света, обнаруженные при излучении и поглощении, **корпускулярные**.

Световая частица = фотон = квант электромагнитного излучения.

$$E_{\text{фотона}} = h \cdot \nu, \text{ где } h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$$

$$E = \hbar\omega.$$

Согласно теории относительности, энергия всегда связана с массой соотношением:

$$E = mc^2, E = h\nu, \text{ где } m — \text{масса фотона}.$$

Фотон лишён массы покоя, т.е. он не существует в состоянии покоя и при рождении сразу имеет скорость света.

Масса движущегося фотона:

$$m = \frac{h \cdot \nu}{c^2}.$$

По известной массе и скорости фотона можно найти его импульс:

$$p = mc = \frac{h\nu}{c^2} \cdot c = \frac{h\nu}{c}.$$

Через длину волны, **импульс фотона**:

$$p = \frac{h}{\lambda}.$$

Импульс фотона направлен по световому лучу.

В современной физике фотон рассматривается как одна из элементарных частиц. Чем больше частота, тем больше энергия и импульс фотона, тем отчетливее выражены корпускулярные свойства света.

Энергия фотонов видимого излучения очень незначительна. Например, фотоны, соответствующие зелёному цвету, обладают энергией $E = 4 \cdot 10^{-19}$ Дж.

Сергей Иванович Вавилов установил, что человеческий глаз — это тончайший из приборов, он способен реагировать на различия освещённости, измеряемые единичными квантами.

Учёные были вынуждены ввести представления о свете как о потоке частиц. Но интерференция и дифракция света определённо говорят о наличии у света волновых свойств.

Свет обладает дуализмом.

Дуализм — двойственность свойств.

Встал вопрос о том, что, может быть, все элементарные частицы обладают не только корпускулярными свойствами, но и волновыми. Эту мысль высказал французский ученый Луи де Бройль.

Предположив, что с распространением частиц связано распространение некоторых волн, де Бройль сумел найти длину этих волн. Связь длины волны с импульсом частицы оказалась точно такой же, как и у фотонов.

Длина волны де Бройля:

$$\lambda = \frac{h}{p}.$$

Предсказанные де Бройлем волновые свойства частиц впоследствии были обнаружены экспериментально.

Наблюдается дифракция и интерференция электронов и других частиц. Картина, которая получается при дифракции и интерференции электронов, полностью совпадает с картиной световых волн (рис. 32).

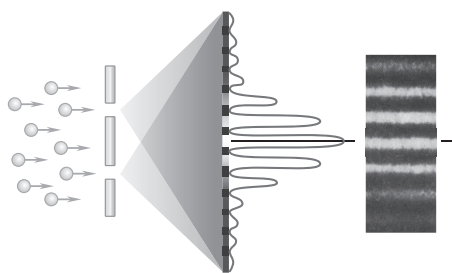


Рис. 32. Картина световых волн при дифракции и интерференции электронов

Дифракция и интерференция электронов и других частиц наблюдается на кристаллах. Здесь мы видим картину, подобную той, что получается при дифракции рентгеновских лучей (рис. 33).

Все эти свойства микрообъектов описываются квантовой механикой, так как механика Ньютона в большинстве случаев здесь оказывается неприменимой.

Квантовая физика позволяет определять различные характеристики элементарных частиц.

Рассмотрим несколько задач.

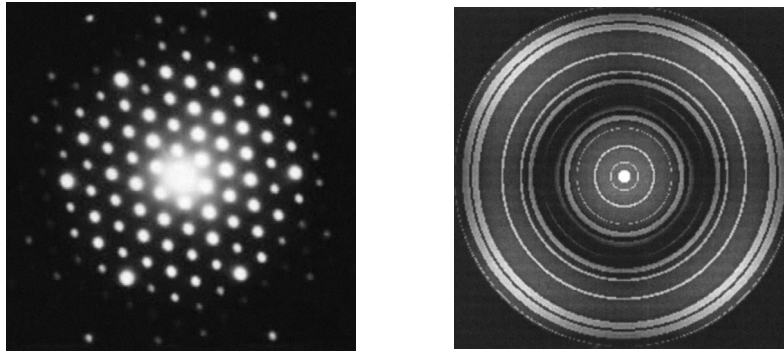


Рис. 33. Дифракция рентгеновских лучей

Задача № 1

Найти частоту и длину волны излучения, фотона, масса которого равна массе покоя электрона.

Дано: $m_0 = m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$	Решение: $h\nu = mc^2;$ $\nu = \frac{mc^2}{h} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ м/с})^2}{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}} \approx 1,23 \cdot 10^{20} \text{ Гц};$
Найти ν, λ	$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{1,23 \cdot 10^{20} \text{ Гц}} = 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ м} = 2,43 \text{ пм}.$ Ответ: $\nu = 1,23 \cdot 10^{20} \text{ Гц}, \lambda = 2,43 \text{ пм}.$

Задача № 2

Каков импульс фотона, энергия которого равна 3 эВ?

Дано: $E = 3 \text{ эВ} = 4,8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}.$	Решение: $p = mc = \frac{E}{c};$ $p = \frac{4,8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}}{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}} = 1,6 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$
Найти p	Ответ: $p = 1,6 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$

Задача № 3

При какой скорости электроны будут иметь энергию, равную энергии фотонов ультрафиолетового света с длиной волны 200 нм?

Дано: $E_e = E.$ $\lambda = 200 \text{ нм} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ м}.$	Решение: $E_e = \frac{m_e v^2}{2};$ $E_e = h\nu = \frac{hc}{\lambda}; \quad \frac{m_e v^2}{2} = \frac{hc}{\lambda};$
Найти v	$v = \sqrt{\frac{2hc}{m_e \lambda}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 2 \cdot 10^{-7} \text{ м}}} \approx 1,48 \cdot 10^6 \text{ м/с}.$ Ответ: $v = 1,48 \cdot 10^6 \text{ м/с}.$

Задача № 4.

Определить среднюю длину волны излучения, если источник света мощностью 100 Вт испускает $5 \cdot 10^{20}$ фотонов каждую секунду.

Дано:

$$P = 100 \text{ Вт}, \\ n = 5 \cdot 10^{20}, \\ t = 1 \text{ с}.$$

Найти λ

Решение:

$$P_1 = \frac{P}{n};$$

$$P_1 = \frac{E}{t} = \frac{h\nu}{t} = \frac{hc}{\lambda t};$$

$$\frac{P}{n} = \frac{hc}{\lambda t};$$

$$\lambda = \frac{nhc}{Pt} = \frac{5 \cdot 10^{20} \cdot 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{100 \text{ Вт} \cdot 1 \text{ с}} = 9,9 \cdot 10^7 \text{ м} = 0,99 \text{ мкм}.$$

Ответ: $\lambda = 0,99 \text{ мкм}$.

Задача № 5

Тренированный глаз, длительно находящийся в темноте, воспринимает свет с длиной волны 0,5 мкм при мощности $2,1 \cdot 10^{-17}$ Вт. Верхний предел мощности, воспринимаемый безболезненно глазом, — $2 \cdot 10^{-5}$ Вт. Сколько фотонов попадёт в каждом случае на сетчатку глаза за 1 с?

Дано:

$$\lambda = 0,5 \text{ мкм} = \\ = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}, \\ P_1 = 2,1 \cdot 10^{-17} \text{ Вт}, \\ P_2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}, \\ t = 1 \text{ с}$$

Найти λ

Решение:

$$n_1 = \frac{P_1}{P};$$

$$P = \frac{E}{t} = \frac{h\nu}{t} = \frac{hc}{\lambda t};$$

$$n_1 = \frac{P_1 \lambda t}{hc} = \frac{2,1 \cdot 10^{-17} \text{ Вт} \cdot 5 \cdot 10^{-7} \text{ м} \cdot 1 \text{ с}}{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}} = 53;$$

$$n_2 = \frac{P_2 \lambda t}{hc} = \frac{2 \cdot 10^{-5} \text{ Вт} \cdot 5 \cdot 10^{-7} \text{ м} \cdot 1 \text{ с}}{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}} = 5 \cdot 10^{13}.$$

Ответ: $n_1 = 53, n_2 = 5 \cdot 10^{13}$.

Глава V. Физика атома и атомного ядра

Урок 46.2. Спектры и спектральный анализ. § 25

Спектральный анализ — метод определения химического состава вещества по его спектру. Этот метод разработан в 1859 г. немецкими учеными Г.Р. Кирхгофом и Р.В. Бунзеном (рис. 34).

Спектр (лат. spectrum — «видение») в физике — распределение значений физической величины (обычно энергии, частоты или массы). Обычно под спектром подразумевается электромагнитный спектр — спектр частот (или энергий квантов) электромагнитного излучения.

В научный обиход термин спектр ввёл **И. Ньютон** в 1671–1672 гг. для обозначения многоцветной полосы, похожей на радугу, которая получается при прохождении солнечного луча через треугольную стеклянную призму. В своём труде «Оптика» (1704) он опубликовал результаты своих опытов разложения с помощью призмы белого света на отдельные компоненты различной цветности и преломляемости, т.е. получил спектры солнечного излучения и объяснил их природу. Он показал, что цвет есть собственное свойство света, а не внесённое призмой, как утверждал Р. Бэкон в XIII в. Фактически И. Ньютон заложил основы оптической спектроскопии. Он описал все три используемых поныне метода разложения света —

преломление, интерференцию (перераспределение интенсивности света в результате наложения нескольких световых волн) и **дифракцию** (огибание препятствия волнами).



Густав Роберт Кирхгоф
(1824–1887)



Роберт Вильгельм Бунзен
(1811–1899)

Рис. 34. Г.Р. Кирхгоф и Р.В. Бунзен

Спектральный анализ

Это метод, который даёт ценные и разнообразные сведения о небесных светилах. Как это делается? Анализируется свет, а из анализа света можно произвести качественный и количественный химический состав светила, его температуру, наличие и напряжённость магнитного поля, скорость движения по лучу зрения и т.д.

В основе спектрального анализа лежит понятие о том, что сложный свет при переходе из одной среды в другую (например, из воздуха в стекло) разлагается на составные части. Если пучок этого света пустить на боковую грань трёхгранной призмы, то, преломляясь в стекле по-разному, составляющие белый свет лучи дадут на экране радужную полоску, называемую спектром. В спектре все цвета расположены всегда в определённом порядке (*рис. 35*).

Призма как спектральный прибор

В телескопах для получения спектра используют специальные приборы — **спектрографы**, устанавливаемые за фокусом объектива телескопа. В прошлом все спектрографы были призмёнными, но теперь вместо призм в них используют **дифракционную решётку**, которая также разлагает белый свет в спектр, его называют **дифракционным спектром** (*рис. 36*).

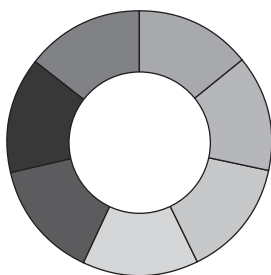


Рис. 35. Спектр

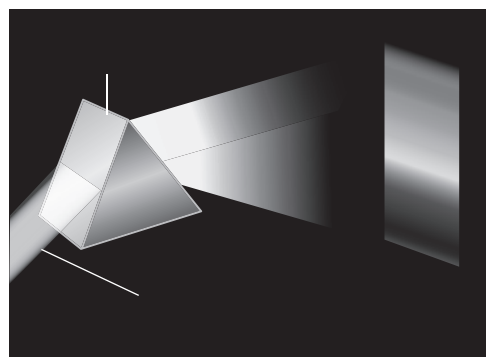


Рис. 36. Дифракционный спектр

Всем известно, что свет распространяется в виде электромагнитных волн. Каждому цвету соответствует определенная длина электромагнитной волны. Длина волны в спектре уменьшается от красных лучей к фиолетовым примерно от 700 до 400 нм. За фиолетовыми лучами спектра лежат ультрафиолетовые лучи, невидимые глазом, но действующие на фотопластинку.

Ещё более короткую длину волны имеют рентгеновские лучи, применяемые в медицине. Рентгеновское излучение небесных светил задерживает атмосфера Земли. Только недавно оно стало доступно для изучения посредством запусков высотных ракет, поднимающихся выше основного слоя атмосферы. Наблюдения в рентгеновских лучах производят также автоматические приборы, установленные на космических межпланетных станциях.

За красными лучами спектра лежат инфракрасные лучи. Они невидимы, но и они действуют на специальные фотопластинки.

Под спектральными наблюдениями понимают обычно наблюдения в интервале от инфракрасных до ультрафиолетовых лучей.

Для изучения спектров применяют приборы, называемые *спектроскопом и спектрографом*. В спектроскоп спектр рассматривают, а в спектрографе его фотографируют. Фотография спектра называется *спектрограммой*.

Виды спектров

Спектр в виде радужной оболочки (сплошной или непрерывный) дают твердые раскалённые тела (раскалённый уголь, нить электролампы) и находящиеся под большим давлением громадные массы газа.

Линейчатый спектр излучения дают разреженные газы и пары при сильном нагревании или под действием электрического разряда. У каждого газа свой набор ярких линий излучения. Их цвет соответствует определённым длинам волн. Они находятся всегда в одних и тех же местах спектра. Изменения состояния газа или условий его свечения, например, нагрев или ионизация, вызывают изменения в спектре данного газа.

Учёными составлены таблицы с перечнем линий каждого газа и с указанием яркости каждой линии. Например, в спектре натрия особенно яркими являются две жёлтые линии. Установлено, что спектр атома или молекулы связан с их строением и отражает изменения, происходящие в них в процессе свечения.

Линейчатый спектр поглощения дают газы и пары, когда за ними находится яркий и более горячий источник, дающий непрерывный спектр. *Спектр поглощения* состоит из непрерывного спектра, перерезанного тёмными линиями, которые находятся в тех самых местах, где должны быть расположены яркие линии, присущие данному газу. Например, две темные линии поглощения натрия расположены в жёлтой части спектра.

Таким образом, спектральный анализ позволяет: 1) установить химический состав паров, излучающих свет или поглощающих его; 2) определить, находятся ли они в лаборатории или на небесном светиле.

Количество атомов или молекул, лежащих на нашем луче зрения, излучающих или поглощающих, определяется по интенсивности линий. Чем больше атомов, тем ярче линия или тем она темнее в спектре поглощения. Солнце и звёзды окружены газовыми атмосферами. Непрерывный спектр их видимой поверхности перерезан тёмными линиями поглощения, возникающими при прохождении света через атмосферу звёзд (рис. 37). Поэтому *спектры Солнца и звёзд — это спектры поглощения*.

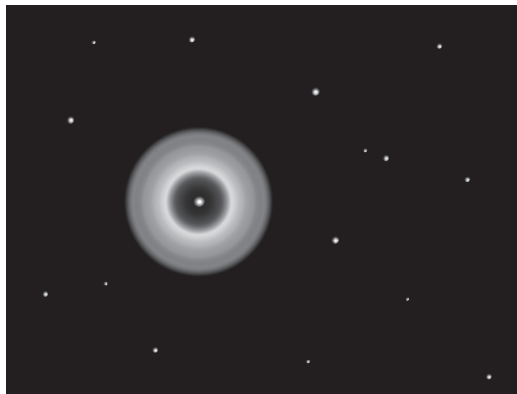


Рис. 37. Непрерывный спектр звёзд

Спектральный анализ позволяет определять химический состав только самосветящихся или поглощающих излучение газов. Химический состав твёрдого или жидкого тела при помощи спектрального анализа определить нельзя.

Когда тело раскалено докрасна, в его сплошном спектре ярче всего красная часть. При дальнейшем нагревании наибольшая яркость в спектре переходит в жёлтую, потом в зелёную часть и т.д. Теория излучения света, проверенная на опыте, показывает, что распределение яркости вдоль сплошного спектра зависит от температуры тела. Зная эту зависимость, можно установить температуру Солнца и звёзд. Температуру планет и температуру звёзд определяют ещё при помощи тер-

моэлемента, помещённого в фокусе телескопа. При нагревании термоэлемента в нём возникает электрический ток, характеризующий количество теплоты, приходящее от светила.

Урок 48.4. Методы наблюдения и регистрации частиц. § 26

Ознакомимся с устройствами, благодаря которым возникла и начала развиваться физика атомного ядра и элементарных частиц. Это устройства для регистрации и изучения столкновений и взаимных превращений ядер и элементарных частиц. Именно они дают людям необходимую информацию о микромире.

Принцип действия приборов для регистрации элементарных частиц

Любое устройство, регистрирующее элементарные частицы или движущиеся атомные ядра, подобно заряженному ружью со взведённым курком. Небольшое усилие при нажатии на спусковой крючок ружья вызывает эффект, несравнимый с затраченным усилием, — выстрел.

Регистрирующий прибор — это более или менее сложная макроскопическая система, которая может находиться в неустойчивом состоянии. При небольшом возмущении, вызванном пролетевшей частицей, начинается процесс перехода системы в новое, более устойчивое состояние. Этот процесс и позволяет регистрировать частицу. В настоящее время используется множество различных методов регистрации частиц.

В зависимости от целей эксперимента и условий, в которых он проводится, применяются те или иные регистрирующие устройства, отличающиеся друг от друга по основным характеристикам.

Газоразрядный счётчик Гейгера

Счётчик Гейгера — один из важнейших приборов для автоматического подсчёта частиц.

Счётчик (рис. 38) состоит из стеклянной трубки, покрытой изнутри металлическим слоем (катод), и тонкой металлической нити, идущей вдоль оси трубки (анод).

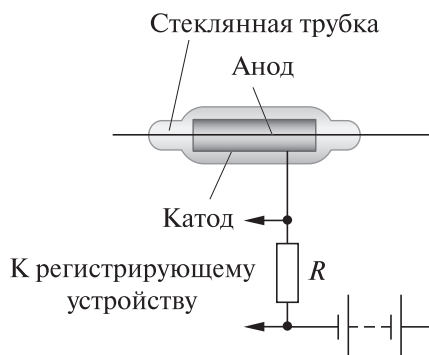


Рис. 38. Счётчик Гейгера

Трубка заполняется газом, обычно аргоном. Действие счётчика основано на ударной ионизации. Заряженная частица (электрон, α -частица и т.д.), пролетая в газе, отрывает от атомов электроны и создаёт положительные ионы и свободные электроны. Электрическое поле между анодом и катодом (к ним подводится высокое напряжение) ускоряет электроны до энергий, при которых начинается ударная ионизация. Возникает лавина ионов, и ток через счётчик резко возрастает. При этом на нагрузочном резисторе R образуется импульс напряжения, который подаётся в регистрирующее устройство.

Для того чтобы счётчик мог регистрировать следующую попавшую в него частицу, лавинный разряд необходимо погасить. Это происходит автоматически. Так как в момент появления импульса тока падение напряжения на нагрузочном резисторе R велико, то напряжение между анодом и катодом резко уменьшается — настолько, что разряд прекращается.

Счётчик Гейгера применяется в основном для регистрации электронов и γ -квантов (фотонов большой энергии).

В настоящее время созданы счётчики, работающие на иных принципах.

Камера Вильсона

Счётчики позволяют лишь регистрировать факт прохождения через них частицы и фиксировать некоторые её характеристики. В камере же Вильсона, созданной в 1912 г., быстрая заряженная частица оставляет след, который можно наблюдать непосредственно или сфотографировать. Этот прибор можно назвать окном в микромир, т.е. мир элементарных частиц и состоящих из них систем.

Принцип действия камеры Вильсона основан на конденсации перенасыщенного пара на ионах с образованием капелек воды. Эти ионы создаёт вдоль своей траектории движущаяся заряженная частица.

Камера Вильсона представляет собой герметически закрытый сосуд, заполненный парами воды или спирта, близкими к насыщению (рис. 39).

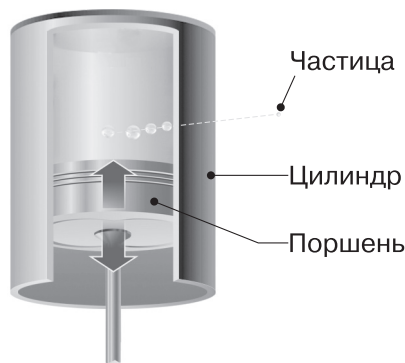


Рис. 39. Камера Вильсона

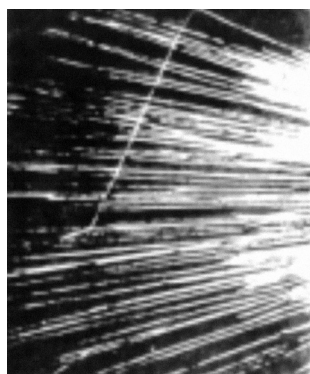


Рис. 40. Видимый след пролетевшей частицы

При резком опускании поршня, вызванном уменьшением давления под ним, пар в камере адиабатно расширяется. Вследствие этого происходит охлаждение, и пар становится перенасыщенным. Это неустойчивое состояние пара: он легко конденсируется, если в сосуде появляются центры конденсации. Центрами конденсации становятся ионы, которые образует в рабочем пространстве камеры пролетевшая частица. Если частица проникает в камеру сразу после расширения пара, то на её пути появляются капельки воды. Эти капельки образуют видимый след пролетевшей частицы — **трек** (рис. 40).

Затем камера возвращается в исходное состояние, и ионы удаляются электрическим полем. В зависимости от размеров камеры время восстановления рабочего режима варьируется от нескольких секунд до десятков минут.

Информация, которую дают треки в камере Вильсона, значительно богаче той, которую могут дать счётчики. По длине трека можно определить энергию частицы, а по числу капелек на единицу длины трека — её скорость. Чем длиннее трек частицы, тем больше её энергия. А чем больше капелек воды образуется на единицу длины трека, тем меньше её скорость.

Частицы с большим зарядом оставляют трек большей толщины.

Советские физики П.Л. Капица и Д.В. Скобельцын предложили помещать камеру Вильсона в однородное магнитное поле. Магнитное поле действует на движущуюся заряженную частицу с определённой силой (силой Лоренца). Эта сила искривляет траекторию частицы, не изменяя модуля её скорости. Трек имеет тем большую кривизну, чем больше заряд частицы и чем меньше её масса.

По кривизне трека можно определить отношение заряда частицы к её массе. Если известна одна из этих величин, то можно вычислить другую. Например, по заряду частицы и кривизне её трека можно найти массу частицы.

Пузырьковая камера

В 1952 г. американским ученым Д. Глейзером было предложено использовать для обнаружения треков частиц перегретую жидкость. В такой жидкости на ионах (центрах парообразования), образующихся при движении быстрой заряженной частицы, появляются пузырьки пара, дающие видимый трек. Камеры данного типа были названы **пузырьковыми**.

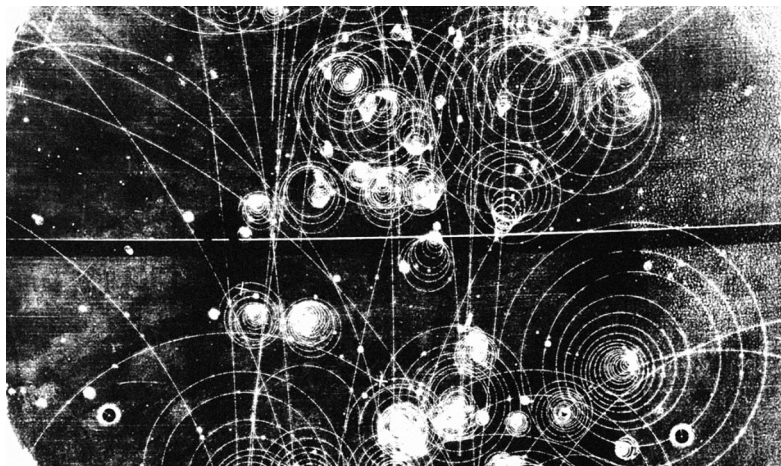


Рис. 41. Треки

В исходном состоянии жидкость в камере находится под высоким давлением, предохраняющим её от закипания, несмотря на то что температура жидкости несколько выше температуры кипения при атмосферном давлении. При резком понижении давления жидкость оказывается перегретой, и в течение небольшого времени она будет находиться в неустойчивом состоянии. Заряженные частицы, пролетающие именно в это время, вызывают появление треков, состоящих из пузырьков пара (*рис. 41*).

В качестве жидкости используются главным образом жидкий водород и пропан. Длительность рабочего цикла пузырьковой камеры невелика — около 0,1 с.

Преимущество пузырьковой камеры перед камерой Вильсона обусловлено большей плотностью рабочего вещества. Пробеги частиц вследствие этого оказываются достаточно короткими, и частицы даже больших энергий застревают в камере. Это позволяет наблюдать серию последовательных превращений частицы и вызываемые ею реакции.

Треки в камере Вильсона и пузырьковой камере — один из главных источников информации о поведении и свойствах частиц.

Наблюдение следов элементарных частиц производит сильное впечатление, создаёт ощущение непосредственного соприкосновения с микромиром.

Метод толстослойных фотоэмульсий

Для регистрации частиц наряду с камерами Вильсона и пузырьковыми камерами применяются толстослойные фотоэмульсии. Ионизирующее действие быстрых заряженных частиц на эмульсию фотопластины позволило французскому физика А. Беккерелю открыть в 1896 г. радиоактивность. Метод фотоэмульсии был развит советскими физиками Л.В. Мысовским, Г.Б. Ждановым и др.

Фотоэмульсия содержит большое количество микроскопических кристалликов бромида серебра. Быстрая заряженная частица, пронизывая кристаллик, отрывает электроны от отдельных атомов брома. Цепочка таких кристалликов образует скрытое изображение. При проявлении в этих кристалликах восстанавливается металлическое серебро, и цепочка зёрен серебра образует трек частицы (*рис. 42*). По длине и толщине трека можно оценить энергию и массу частицы.

Из-за большой плотности фотоэмульсии треки получаются короткими (порядка 10^{-3} см для α -частиц, испускаемых радиоактивными элементами), но при фотографировании их можно увеличить.

Преимущество фотоэмульсий в том, что время экспозиции может быть сколь угодно большим. Это позволяет регистрировать редкие явления. Важно и то, что благодаря большой тормозящей способности фотоэмульсий увеличивается число наблюдаемых интересных реакций между частицами и ядрами.

Это далеко не все приборы, регистрирующие элементарные частицы. Современные приборы для обнаружения редко встречающихся и короткоживущих частиц очень сложны. В их создании принимают участие сотни людей.

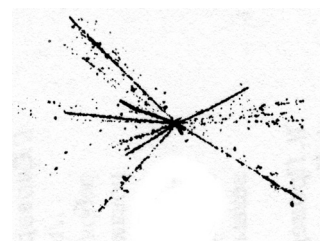


Рис. 42. Трек частицы

Урок 49.5. Состав атомных ядер. § 27

К 20-м гг. XX в. физики уже не сомневались в том, что атомные ядра, открытые Э. Резерфордом в 1911 г., так же как и сами атомы, имеют сложную структуру. В этом их убеждали многочисленные экспериментальные факты, накопленные к этому времени: открытие естественной и искусственной радиоактивности, ядерных реакций, экспериментальное доказательство ядерной модели атома, измерение зарядов атомных ядер, отношения e/m для электрона, α -частицы и для так называемой H -частицы — ядра атома водорода и т.д.

В настоящее время твёрдо установлено, что **атомные ядра различных элементов состоят из частиц двух видов — протонов и нейтронов**.

Первая из этих частиц представляет собой атом водорода, из которого удалён единственный электрон. Эта частица наблюдалась уже в 1907 г. в опытах Дж. Томсона, которому удалось измерить у неё отношение e/m . В 1919 г. Э. Резерфорд обнаружил ядра атома водорода в продуктах расщепления ядер атомов многих элементов. Э. Резерфорд назвал эту частицу протоном. Он высказал предположение, что протоны входят в состав всех атомных ядер. Схема опытов Э. Резерфорда представлена на рисунке 43.

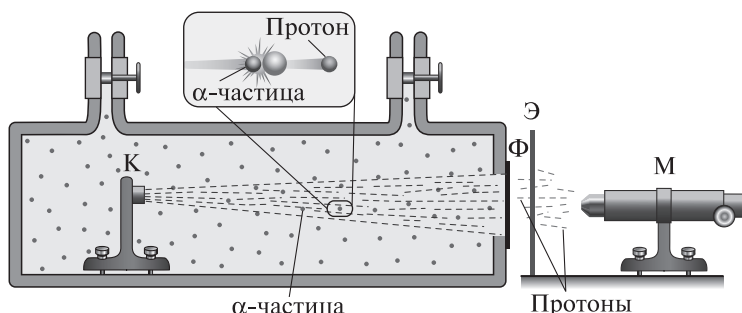


Рис. 43. Схема опыта Э. Резерфорда

Прибор Э. Резерфорда состоял из вакуумированной камеры, в которой был расположен контейнер K с источником α -частиц. Окно камеры было закрыто металлической фольгой Φ , толщина которой была подобрана так, чтобы α -частицы не могли через неё проникнуть. За окном располагался экран $\mathcal{E}$, покрытый сернистым цинком. С помощью микроскопа M можно было наблюдать свечения (т.е. световые вспышки) в точках попадания на экран тяжёлых заряженных частиц. При заполнении камеры азотом низкого давления на экране возникали световые вспышки, указывающие на появление потока каких-то частиц, способных проникать через фольгу Φ , практически полностью задерживающую поток α -частиц. Отодвигая экран $\mathcal{E}$ от окна камеры, Э. Резерфорд измерил **среднюю длину свободного пробега** наблюдаемых частиц в воздухе. Она оказалась приблизительно равной 28 см, что совпадало с оценкой длины пробега H -частиц, наблюдавшихся ранее Дж. Томсоном. Исследования действия на частицы, выбиваемые из ядер азота, электрических и магнитных полей, показали, что эти частицы обладают положительным элементарным зарядом и их масса равна массе ядра атома водорода. Впоследствии опыт был выполнен с целым рядом других газообразных веществ. Во всех случаях было обнаружено, что из ядер этих веществ α -частицы выбивают H -частицы или протоны.

По современным измерениям, положительный заряд протона в точности равен элементарному заряду $e = 1,60217733 \cdot 10^{-19}$ Кл, т.е. равен по модулю отрицательному заряду электрона. В настоящее время равенство зарядов протона и электрона проверено с точностью до 10^{-22} . Такое совпадение зарядов двух непохожих друг на друга частиц вызывает удивление и остаётся одной из фундаментальных загадок современной физики.

Масса протона, по современным измерениям, равна $m_p = 1,67262 \cdot 10^{-27}$ кг. В ядерной физике массу частицы часто выражают в атомных единицах массы (а.е.м.), равной 1/12 массы атома углерода с массовым числом 12:

$$1 \text{ а.е.м.} = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

Следовательно, $m_p = 1,007276$ а.е.м. Во многих случаях массу частицы удобно выражать в эквивалентных значениях энергии в соответствии с формулой $E = mc^2$. Так как $1\text{эВ} = 1,60218 \cdot 10^{-19}$ Дж, в энергетических единицах масса протона равна 938,272331 МэВ.

Таким образом, в опыте Э. Резерфорда было открыто явление расщепления ядер азота и других элементов при ударах быстрых α -частиц и показано, что **протоны входят в состав ядер атомов**.

После открытия протона было высказано предположение, что ядра атомов состоят из одних протонов. Однако это предположение оказалось несостоятельным, так как отношение заряда ядра к его массе не остаётся постоянным для разных ядер, как это было бы, если бы в состав ядер входили одни протоны. Для более тяжёлых ядер это отношение оказывается меньше, чем для лёгких, т.е. при переходе к более тяжёлым ядрам масса ядра растёт быстрее, чем заряд.

В 1920 г. Э. Резерфорд высказал гипотезу о существовании в составе ядер жёстко связанной компактной протон-электронной пары, представляющей собой электрически нейтральное образование — частицу с массой, приблизительно равной массе протона. Он даже придумал название этой гипотетической частице — **нейтрон**. Это была очень красивая, но, как выяснилось впоследствии, ошибочная идея. Электрон не может входить в состав ядра. Квантово-механический расчёт на основании соотношения неопределённостей показывает, что электрон, локализованный в ядре, т.е. области размером $R \approx 10^{-13}$ см, должен обладать колоссальной кинетической энергией, на много порядков превосходящей **энергию связи ядер** в расчёте на одну частицу. Однако идея о существовании тяжёлой нейтральной частицы казалась Э. Резерфорду настолько привлекательной, что он незамедлительно предложил группе своих учеников во главе с Дж. Чедвиком заняться её поиском. Через 12 лет, в 1932 г., Чедвик экспериментально исследовал излучение, возникающее при облучении бериллия α -частицами, и обнаружил, что это излучение представляет собой поток нейтральных частиц с массой, примерно равной массе протона. Так был открыт нейтрон. На рисунке 44 приведена упрощённая схема установки для обнаружения нейтронов.

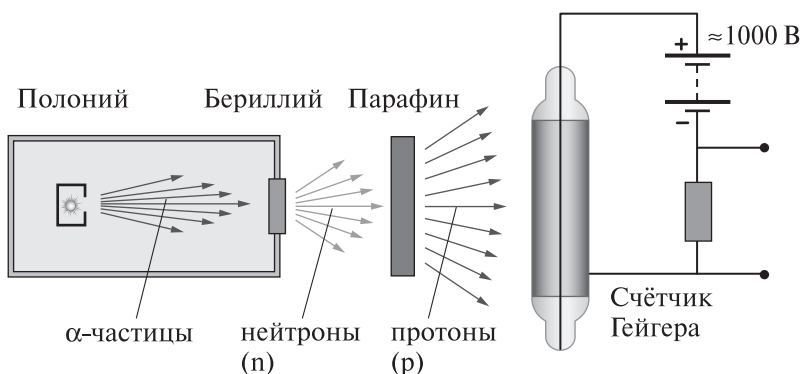


Рис. 44. Упрощённая схема установки для обнаружения нейтронов

При бомбардировке бериллия α -частицами, испускаемыми радиоактивным полонием, возникает сильное проникающее излучение, способное преодолеть такую преграду, как слой свинца толщиной в 10–20 см. Это излучение почти одновременно с Дж. Чедвиком наблюдали супруги Ирен и Фредерик Жолио-Кюри (Ирен — дочь Марии и Пьера Кюри), но они предположили, что это γ -лучи большой энергии. Они обнаружили, что если на пути излучения бериллия поставить парафиновую пластину, то ионизирующая способность этого излучения резко возрастает. Они доказали, что излучение бериллия выбивает из парафина протоны, которые в большом количестве имеются в этом водородосодержащем веществе. По длине свободного пробега протонов в воздухе они оценили энергию γ -квантов, способных при столкновении сообщить протонам необходимую скорость. Она оказалась огромной — порядка 50 Мэ В.

Дж. Чедвик в 1932 г. выполнил серию экспериментов по всестороннему изучению свойств излучения, возникающего при облучении бериллия α -частицами. В своих опытах Дж. Чедвик использовал различные методы исследования ионизирующих излучений. Он наблюдал в камере Вильсона треки ядер азота, испытавших столкновение с бериллиевым излучением. На основании этих опытов была сделана оценка энергии γ -кванта, способного сообщить ядрам азота наблюдаемую в эксперименте скорость. Она оказалась равной 100–150 Мэ В. Такой огромной энергией не могли обладать γ -кванты, испущенные берил-

лием. На этом основании Дж. Чедвик заключил, что из бериллия под действием α -частиц вылетают не безмассовые γ -кванты, а достаточно тяжёлые частицы. Эти частицы обладали большой проникающей способностью и непосредственно не ионизировали газ в счётчике Гейгера, следовательно, они были электронейтральны. Так было доказано существование нейтрона — частицы, предсказанной Э. Резерфордом более чем за 10 лет до опытов Дж. Чедвика.

Нейтрон — это элементарная частица. Её не следует представлять в виде компактной протон-электронной пары, как первоначально предполагал Э. Резерфорд.

По современным измерениям, **масса нейтрона** $m_n = 1,67493 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,008665 \text{ а.е.м.}$ В энергетических единицах масса нейтрона равна 939,56563 МэВ. Масса нейтрона приблизительно на две электронные массы превосходит массу протона.

Сразу же после открытия нейтрона российский ученый Д.Д. Иваненко и немецкий физик В. Гейзенберг выдвинули гипотезу о **протонно-нейтронном** строении атомных ядер, которая полностью подтвердилась последующими исследованиями. Протоны и нейтроны принято называть **нуклонами**.

Для характеристики атомных ядер вводится ряд обозначений. Число протонов, входящих в состав атомного ядра, обозначают символом Z и называют **зарядовым числом**, или атомным номером (это порядковый номер в периодической таблице Менделеева). Заряд ядра равен Ze , где e — элементарный заряд. Число нейтронов обозначают символом N .

Общее число нуклонов (т.е. протонов и нейтронов) называют **массовым числом** A :

$$A = Z + N.$$

Ядра химических элементов обозначают символом ${}_Z^AX$, где X — химический символ элемента.

Ядра одного и того же химического элемента могут отличаться числом нейтронов. Такие ядра называются **изотопами**. У большинства химических элементов имеется несколько изотопов.

Например, у водорода их три:

протий = ${}_1^1\text{H}$;

дейтерий = ${}_1^2\text{H}$, или ${}_1^2\text{D}$;

третий = ${}_1^3\text{H}$, или ${}_1^3\text{D}$.

У углерода — 6 изотопов, у кислорода — 3.

Химические элементы в природных условиях обычно представляют собой смесь изотопов. Существование изотопов определяет значение атомной массы природного элемента в периодической системе Менделеева. Так, например, относительная атомная масса природного углерода равна 12,011.

Урок 51.7. Радиоактивность. § 28

Почти 90% из 2500 известных атомных ядер нестабильны. Нестабильное ядро самопроизвольно превращается в другие ядра с испусканием частиц. Это свойство ядер называется **радиоактивностью**. У больших ядер нестабильность возникает вследствие конкуренции между притяжением нуклонов ядерными силами и кулоновским отталкиванием протонов. Стабильных ядер с зарядовым числом $Z > 83$ и массовым числом $A > 209$ не существует. Но радиоактивными могут оказаться и ядра атомов с существенно меньшими значениями чисел Z и A . Если ядро содержит значительно больше протонов, чем нейтронов, то нестабильность обуславливается избытком энергии кулоновского взаимодействия. Ядра, которые содержат избыток нейтронов, оказываются нестабильными вследствие того, что масса нейтрона превышает массу протона. Увеличение массы ядра приводит к увеличению его энергии.

Явление радиоактивности было открыто в 1896 г. французским физиком А. Беккерелем, который обнаружил, что соли урана испускают неизвестное излучение, способное проникать через непрозрачные для света преграды и вызывать почернение фотоэмульсии. Через два года французские физики М. и П. Кюри обнаружили радиоактивность тория и открыли два новых радиоактивных элемента — полоний и радий.

В последующие годы исследованием природы радиоактивных излучений занимались многие физики, в том числе Э. Резерфорд и его ученики. Было выяснено, что радиоактивные ядра могут испускать частицы трёх видов: положительно и отрицательно заряженные и нейтральные. Эти три вида излучений были названы α -, β - и γ -излучениями. На рисунке 45 изображена схема эксперимента, позволяющая обнаружить сложный состав радиоактивного излучения.

В магнитном поле α - и β -лучи испытывают отклонения в противоположные стороны, причем β -лучи отклоняются значительно больше. γ -лучи в магнитном поле вообще не отклоняются.

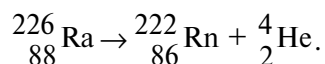
Эти три вида радиоактивных излучений сильно отличаются друг от друга по способности ионизировать атомы вещества и, следовательно, по проникающей способности. Наименьшей проникающей способностью обладает α -излучение. В воздухе при нормальных условиях α -лучи проходят путь в несколько сантиметров. β -лучи гораздо меньше поглощаются веществом. Они способны пройти через слой алюминия толщиной в несколько миллиметров. Наибольшей проникающей способностью обладают γ -лучи, способные проходить через слой свинца толщиной 5–10 см.

Во втором десятилетии XX в., после открытия Э. Резерфордом ядерного строения атомов, было твердо установлено, что радиоактивность — это *свойство атомных ядер*. Исследования показали, что α -лучи представляют поток α -частиц — ядер гелия, β -лучи — это поток электронов, γ -лучи представляют собой коротковолновое электромагнитное излучение с чрезвычайно малой длиной волны $\lambda < 10^{-10}$ м и вследствие этого ярко выраженными корпускулярными свойствами, т.е. является потоком частиц — γ -квантов.

Альфа-распад

Альфа-распадом называется самопроизвольное превращение атомного ядра с числом протонов Z и нейтронов N в другое (дочернее) ядро, содержащее число протонов $Z - 2$ и нейтронов $N - 2$. При этом испускается α -частица — ядро атома гелия ${}^4_2\text{He}$

Примером такого процесса может служить α -распад радия:



Альфа-частицы, испускаемые ядрами атомов радия, использовались Э. Резерфордом в опытах по рассеянию на ядрах тяжёлых элементов. Скорость α -частиц, испускаемых при α -распаде ядер радия, измеренная по кривизне траектории в магнитном поле, приблизительно равна $1,5 \cdot 10^7$ м/с, а соответствующая кинетическая энергия около $7,5 \cdot 10^{-13}$ Дж (приблизительно 4,8 МэВ). Эта величина легко может быть определена по известным значениям масс материнского и дочернего ядер и ядра гелия. Хотя скорость вылетающей α -частицы огромна, но она всё же составляет только 5% от скорости света, поэтому при расчёте можно пользоваться нерелятивистским выражением для кинетической энергии.

Исследования показали, что радиоактивное вещество может испускать α -частицы с несколькими дискретными значениями энергий. Это объясняется тем, что ядра могут находиться, подобно атомам, в разных возбуждённых состояниях. В одном из таких возбуждённых состояний может оказаться дочернее ядро при α -распаде. При последующем переходе этого ядра в основное состояние испускается γ -квант. Схема α -распада радия с испусканием α -частиц с двумя значениями кинетических энергий приведена на рисунке 46.

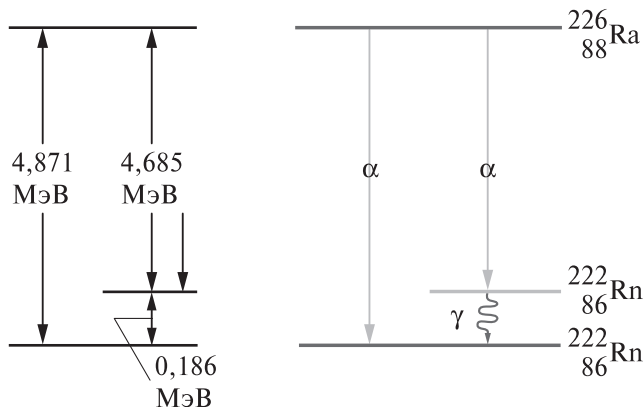


Рис. 46. α -распад радия

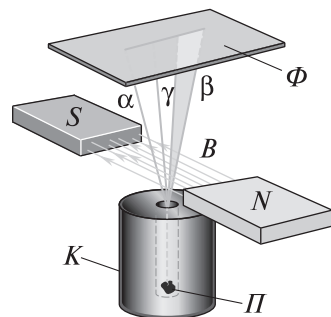


Рис. 45. Схема эксперимента: K — свинцовый контейнер, Π — радиоактивный препарат, Φ — фотопластинка, B — магнитное поле

Указано возбуждённое состояние ядра радона. Переход из возбуждённого состояния ядра радона в основное сопровождается излучением γ -кванта с энергией 0,186 МэВ.

Таким образом, α -распад ядер во многих случаях сопровождается γ -излучением.

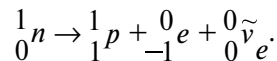
Бета-распад

При бета-распаде из ядра вылетает электрон. Внутри ядер электроны существовать не могут, они возникают при β -распаде в результате превращения нейтрона в протон. Этот процесс может происходить не только внутри ядра, но и со свободными нейтронами. Среднее время жизни свободного нейтрона составляет около 15 мин. При распаде нейтрон превращается в протон и электрон.

Измерения показали, что в этом процессе наблюдается кажущееся нарушение закона сохранения энергии, так как суммарная энергия протона и электрона, возникающих при распаде нейтрона, меньше энергии нейтрона. В 1931 г. В. Паули высказал предположение, что при распаде нейтрона выделяется ещё одна частица с нулевыми значениями массы и заряда, которая уносит с собой часть энергии. Новая частица получила название *нейтрино* (маленький нейтрон). Из-за отсутствия у нейтрино заряда и массы эта частица очень слабо взаимодействует с атомами вещества, поэтому её чрезвычайно трудно обнаружить в эксперименте. Ионизирующая способность нейтрино столь мала, что один акт ионизации в воздухе приходится приблизительно на 500 км пути. Эта частица была обнаружена лишь в 1953 г. В настоящее время известно, что существует несколько разновидностей нейтрино. В процессе распада нейтрона возникает частица, которая называется *электронным антинейтрино*. Она обозначается символом

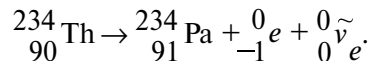
$${}^0_0\bar{\nu}_e.$$

Поэтому реакция распада нейтрона записывается в виде

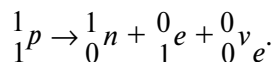


Аналогичный процесс происходит и внутри ядер при β -распаде. Электрон, образующийся в результате распада одного из ядерных нейтронов, немедленно выбрасывается из «родительского дома» (ядра) с огромной скоростью, которая может отличаться от скорости света лишь на доли процента. Так как распределение энергии, выделяющейся при β -распаде, между электроном, нейтрино и дочерним ядром носит случайный характер, β -электроны могут иметь различные скорости в широком интервале значений.

При β -распаде зарядовое число Z увеличивается на единицу, а массовое число A остается неизменным. Дочернее ядро оказывается ядром одного из изотопов элемента, порядковый номер которого в таблице Менделеева на единицу превышает порядковый номер исходного ядра. Типичным примером β -распада может служить превращение изотопа тория, возникающего при α -распаде урана, в протактиний.



Наряду с электронным β -распадом обнаружен так называемый позитронный β^+ -распад, при котором из ядра вылетают *позитрон* и нейтрино. Позитрон — это частица-двойник электрона, отличающаяся от него только знаком заряда. Существование позитрона было предсказано выдающимся физиком П. Дираком в 1928 г. Через несколько лет позитрон был обнаружен в составе космических лучей. Позитроны возникают в результате реакции превращения протона в нейтрон по следующей схеме:



Гамма-распад

В отличие от α - и β -радиоактивности, γ -радиоактивность ядер не связана с изменением внутренней структуры ядра и не сопровождается изменением зарядового или массового чисел. Как при α -, так и при β -распаде дочернее ядро может оказаться в некотором возбуждённом состоянии и иметь избыток энергии. Переход ядра из возбуждённого состояния в основное сопровождается испусканием одного или нескольких γ -квантов, энергия которых может достигать нескольких МэВ.

Закон радиоактивного распада

В любом образце радиоактивного вещества содержится огромное число радиоактивных атомов. Так как радиоактивный распад имеет случайный характер и не зависит от внешних условий, то закон убыва-

ния количества $N(t)$ нераспавшихся к данному моменту времени t ядер может служить важной статистической характеристикой процесса радиоактивного распада.

Пусть за малый промежуток времени Δt количество нераспавшихся ядер $N(t)$ изменилось на $\Delta N < 0$. Так как вероятность распада каждого ядра неизменна во времени, то число распадов будет пропорционально количеству ядер $N(t)$ и промежутку времени Δt :

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}.$$

График на рисунке 47 иллюстрирует закон радиоактивного распада.

Период полураспада — основная величина, характеризующая скорость процесса. Чем меньше период полураспада, тем интенсивнее протекает распад. Для урана $T \approx 4,5$ млрд лет, а для радия $T \approx 1600$ лет. Поэтому активность радия значительно выше, чем урана. Существуют радиоактивные элементы с периодом полураспада в доли секунды.

При α - и β -радиоактивном распаде дочернее ядро также может оказаться нестабильным. Поэтому возможны серии последовательных радиоактивных распадов, которые заканчиваются образованием стабильных ядер. В природе существует несколько таких серий.

Влияние радиоактивного излучения на живые организмы

Радиоактивное излучение всех видов, а также электромагнитная радиация (рентгеновское излучение) оказывают очень сильное биологическое воздействие на живые организмы, которое заключается в процессах возбуждения и ионизации атомов и молекул, входящих в состав живых клеток. Под действием ионизирующей радиации разрушаются сложные молекулы и клеточные структуры, что приводит к **лучевому поражению организма**. Поэтому при работе с любым источником радиации необходимо принимать все меры радиационной защиты людей, которые могут попасть в зону действия излучения.

Человек может подвергаться действию ионизирующей радиации и в бытовых условиях. Серьезную опасность для здоровья человека может представлять инертный, бесцветный, радиоактивный газ радон. Радон является продуктом α -распада радия и имеет период полураспада $T \approx 3,82$ сут. Радий в небольших количествах содержится в почве, в камнях, в различных строительных конструкциях. Несмотря на сравнительно небольшое время жизни, концентрация радона непрерывно восполняется за счёт новых распадов ядер радия, поэтому радон может накапливаться в закрытых помещениях. Попадая в лёгкие, радон испускает α -частицы и превращается в полоний, который не является химически инертным веществом. Далее следует цепь радиоактивных превращений серии урана. По данным Американской комиссии радиационной безопасности и контроля, человек в среднем получает 55% ионизирующей радиации за счёт радона и только 11% за счёт медицинских процедур. Вклад космических лучей составляет примерно 8%.

Общая доза облучения, которую получает человек за жизнь, во много раз меньше **предельно допустимой дозы** (ПДД), которая устанавливается для людей некоторых профессий, подвергающихся дополнительному облучению ионизирующей радиацией.

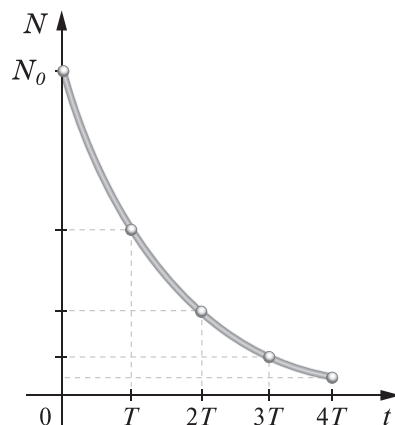


Рис. 47. График, иллюстрирующий закон радиоактивного распада

Урок 56.12. Элементарные частицы. § 31

Существование **элементарных частиц** учёные обнаружили при исследовании ядерных процессов, поэтому вплоть до середины XX в. физика элементарных частиц была разделом ядерной физики. В настоящее время эти разделы физики являются близкими, но самостоятельными, объединёнными общностью многих рассматриваемых проблем и применяемыми методами исследования. **Главная задача физики элементарных частиц — это исследование природы, свойств и взаимных превращений элементарных частиц.**

Представление о том, что мир состоит из **фундаментальных частиц**, имеет долгую историю. Впервые мысль о существовании мельчайших невидимых частиц, из которых состоят все окружающие предметы,

была высказана за 400 лет до нашей эры греческим философом Демокритом. Он назвал эти частицы атомами, т.е. неделимыми частицами. Наука начала использовать представление об атомах только в начале XIX в., когда на этой основе удалось объяснить целый ряд химических явлений. В 30-е гг. XIX в. в теории электролиза, развитой М. Фарадеем, появилось понятие иона, и было выполнено измерение элементарного заряда. Конец XIX в. ознаменовался открытием явления радиоактивности (1896 г., А. Беккерель), а также открытиями электронов (1897 г., Дж. Томсон) и α -частиц (1899 г., Э. Резерфорд). В 1905 г. в физике возникло представление о квантах электромагнитного поля — фотонах (А. Эйнштейн).

В 1911 г. было открыто атомное ядро (Э. Резерфорд) и окончательно было доказано, что атомы имеют сложное строение. В 1919 г. Э. Резерфорд в продуктах расщепления ядер атомов ряда элементов обнаружил протоны. В 1932 г. Дж. Чедвик открыл нейтрон. Стало ясно, что ядра атомов, как и сами атомы, имеют сложное строение. Возникла протон-нейтронная теория строения ядер (Д.Д. Иваненко и В. Гейзенберг). В том же 1932 г. в космических лучах был открыт позитрон (К. Андерсон). **Позитрон** — положительно заряженная частица, имеющая ту же массу и тот же (по модулю) заряд, что и электрон. Существование позитрона было предсказано П. Дираком в 1928 г. В эти годы были обнаружены и исследованы взаимные превращения протонов и нейтронов, и стало ясно, что эти частицы также не являются неизменными элементарными «кирпичиками» природы. В 1937 г. в космических лучах были обнаружены частицы с массой в 207 электронных масс, названные **мюонами** (**μ -мезонами**). Затем в 1947–1950 гг. были открыты **пионы** (т.е. **π -мезоны**), которые, по современным представлениям, осуществляют взаимодействие между нуклонами в ядре. В последующие годы число вновь открываемых частиц стало быстро расти. Этому способствовали исследования космических лучей, развитие ускорительной техники и изучение ядерных реакций.

В настоящее время известно около 400 субъядерных частиц, которые принято называть элементарными. Подавляющее большинство этих частиц **являются нестабильными**. Исключение составляют лишь фотон, электрон, протон и нейтрино. Все остальные частицы через определённые промежутки времени испытывают **самопроизвольные** превращения в другие частицы. Нестабильные элементарные частицы сильно отличаются друг от друга по временам жизни. Наиболее долгоживущей частицей является нейтрон. Время жизни нейтрона порядка 15 мин. Другие частицы «живут» гораздо меньшее время. Например, среднее время жизни μ -мезона равно $2,2 \cdot 10^{-6}$ с, нейтрального π -мезона — $0,87 \cdot 10^{-16}$ с. Многие массивные частицы — гипероны — имеют среднее время жизни порядка 10^{-10} с.

Существует несколько десятков частиц со временем жизни, превосходящим 10^{-17} с. По масштабам микромира это значительное время. Такие частицы называют **относительно стабильными**. Большинство **короткоживущих** элементарных частиц имеют времена жизни порядка 10^{-22} – 10^{-23} с.

Способность к взаимным превращениям — это наиболее важное свойство всех элементарных частиц. Они способны рождаться и уничтожаться (испускаться и поглощаться). Это относится также и к стабильным частицам с той только разницей, что превращения стабильных частиц происходят не самопроизвольно, а при взаимодействии с другими частицами. Примером может служить **аннигиляция** (т.е. **исчезновение**) электрона и позитрона, сопровождающаяся рождением фотонов большой энергии. Может протекать и обратный процесс — **рождение** электронно-позитронной пары, например, при столкновении фотона достаточно большой энергии с ядром. Такой опасный двойник, каким для электрона является позитрон, есть и у протона. Он называется **антипротоном**. Электрический заряд антипротона отрицателен. В настоящее время **античастицы** найдены у всех частиц. Античастицы противопоставляются частицам потому, что при встрече любой частицы со своей античастицей происходит их аннигиляция, т.е. обе частицы исчезают, превращаясь в кванты излучения или другие частицы. Античастица обнаружена даже у нейтрона. Нейтрон и антинейтрон отличаются только знаками магнитного момента и так называемого барионного заряда. Возможно существование атомов **антивещества**, ядра которых состоят из антинуклонов, а оболочка — из позитронов. При аннигиляции антивещества с веществом энергия покоя превращается в энергию квантов излучения. Это огромная энергия, значительно превосходящая ту, которая выделяется при ядерных и термоядерных реакциях.

В многообразии элементарных частиц, известных к настоящему времени, обнаруживается более или менее стройная система классификации. В таблице 2 представлены некоторые сведения о свойствах элементарных частиц со временем жизни более 10^{-20} с.

Таблица 2. Свойства элементарных частиц со временем жизни более 10^{-20}

Группа		Название частицы	Символ		Масса (в электрон- ных массах)	Электричес- кий заряд	Спин	Время жизни (с)
			Частица	Античастица				
Фотоны		Фотон	γ		0	0	1	Стабилен
Лептоны		Нейтрино электронное	ν_e	$\bar{\nu}_e$	0	0	1/2	Стабильно
		Нейтрино мюонное	ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$	0	0	1/2	Стабильно
		Электрон	e^-	e^+	1	−1 1	1/2	Стабилен
		Мю-мезон	μ^-	μ^+	206,8	−1 1	1/2	$2,2 \cdot 10^{-6}$
Адроны	Мезоны	Пи-мезоны	π^0		264,1	0	0	$0,87 \cdot 10^{-16}$
			π^+	π^-	273,1	−1 1	0	$2,6 \cdot 10^{-8}$
		К-мезоны	K^+	K^-	966,4	−1 1	0	$1,24 \cdot 10^{-8}$
			K^0	$\bar{K}^0$	974,1	0	0	$\approx 10^{-10} - 10^{-8}$
		Эта-нуль- мезон	η^0		1074	0	0	$\approx 10^{-18}$
	Барионы	Протон	p	$\bar{p}$	1836,1	−1 1	1/2	Стабилен
		Нейтрон	n	$\bar{n}$	1838,6	0	1/2	898
		Лямбда- гиперон	Λ^0	$\bar{\Lambda}^0$	2183,1	0	1/2	$2,63 \cdot 10^{-10}$
		Сигма- гипероны	Σ^+	$\bar{\Sigma}^+$	2327,6	−1 1	1/2	$0,8 \cdot 10^{-10}$
			Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	2333,6	0	1/2	$7,4 \cdot 10^{-20}$
			Σ^-	$\bar{\Sigma}^-$	2343,1	−1 1	1/2	$1,48 \cdot 10^{-10}$
		Кси- гипероны	Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	2572,8	0	1/2	$2,9 \cdot 10^{-10}$
			Ξ^-	$\bar{\Xi}^-$	2585,6	−1 1	1/2	$1,64 \cdot 10^{-10}$
		Омега- минус- гиперон	Ω^-	$\bar{\Omega}^-$	3273	−1 1	1/2	$0,82 \cdot 10^{-11}$

Из многих свойств, характеризующих элементарную частицу, в таблице указаны только масса частицы (в электронных массах), электрический заряд (в единицах элементарного заряда), момент импульса (так называемый *спин*) в единицах постоянной Планка $\hbar = h/2\pi$ и среднее время жизни частицы.

Элементарные частицы объединяются в три группы: *фотоны*, *лептоны* и *адроны*.

К группе *фотонов* относится единственная частица — фотон, которая является носителем электромагнитного взаимодействия.

Следующая группа состоит из лёгких частиц — *лептонов*. В эту группу входят два сорта нейтрино (электронное и мюонное), электрон и μ -мезон. К лептонам относятся ещё ряд частиц, не указанных в таблице. Все лептоны имеют спин 1/2.

Третью большую группу составляют тяжёлые частицы, называемые *адронами*. Эта группа делится на две части. Более лёгкие частицы составляют подгруппу *мезонов*. Наиболее лёгкие из них — положительно и отрицательно заряженные, а также нейтральные π -мезоны с массами порядка 250 электронных масс. Пионы являются квантами ядерного поля, подобно тому как фотоны являются квантами электромагнит-

ного поля. В эту подгруппу входят также четыре К-мезона и один η^0 -мезон. Все мезоны имеют спин, равный нулю.

Вторая подгруппа — **барионы** — включает более тяжёлые частицы. Она является наиболее обширной. Самыми лёгкими из барионов являются нуклоны — протоны и нейтроны. За ними следуют так называемые гипероны. Замыкает таблицу омега-минус-гиперон, открытый в 1964 г. Это тяжёлая частица с массой в 3273 электронных масс. Все барионы имеют спин $1/2$.

Обилие открытых и вновь открываемых адронов навела учёных на мысль, что все они построены из каких-то других более фундаментальных частиц. В 1964 г. американским физиком М. Гелл-Маном была выдвинута гипотеза, подтверждённая последующими исследованиями, что все тяжёлые частицы — адроны — построены из более фундаментальных частиц, названных **кварками**. На основе кварковой гипотезы не только была понята структура уже известных адронов, но и предсказано существование новых. Теория Гелл-Мана предполагала существование трёх кварков и трёх антикварков, соединяющихся между собой в различных комбинациях. Так, каждый барион состоит из трёх кварков, антибарион — из трёх антикварков. Мезоны состоят из пары кварк—антикварк.

С принятием гипотезы кварков удалось создать стройную систему элементарных частиц. Однако предсказанные свойства этих гипотетических частиц оказались довольно неожиданными. Электрический заряд кварков должен выражаться дробными числами, равными $2/3$ и $1/3$ элементарного заряда.

Многочисленные поиски кварков в свободном состоянии, производившиеся на ускорителях высоких энергий и в космических лучах, оказались безуспешными. Учёные считают, что одной из причин ненаблюдаемости свободных кварков являются, возможно, их очень большие массы. Это препятствует рождению кварков при тех энергиях, которые достигаются на современных ускорителях. Тем не менее большинство специалистов сейчас уверены в том, что кварки существуют внутри тяжёлых частиц — адронов.

Фундаментальные взаимодействия

Процессы, в которых участвуют различные элементарные частицы, сильно различаются по энергиям и характерному времени их протекания. Согласно современным представлениям, в природе осуществляется четыре вида взаимодействий, которые не могут быть сведены к другим, более простым видам: **сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное**. Эти виды взаимодействий называют **фундаментальными**.

Сильное (или ядерное) взаимодействие наиболее интенсивное. Оно обуславливает исключительно прочную связь между протонами и нейтронами в ядрах атомов. В сильном взаимодействии могут принимать участие только тяжёлые частицы — адроны (мезоны и барионы). Сильное взаимодействие проявляется на расстояниях порядка 10^{-15} м и менее. Поэтому его называют **короткодействующим**.

В **электромагнитном взаимодействии** могут принимать участие любые электрически заряженные частицы, а также фотоны — кванты электромагнитного поля. Электромагнитное взаимодействие ответственно, в частности, за существование атомов и молекул. Оно определяет многие свойства веществ в твёрдом, жидком и газообразном состояниях. Кулоновское отталкивание протонов приводит к неустойчивости ядер с большими массовыми числами. Электромагнитное взаимодействие обуславливает процессы поглощения и излучения фотонов атомами и молекулами вещества и многие другие процессы физики микро- и макромира.

Слабое взаимодействие определяет ход наиболее медленных процессов, протекающих в микромире. В нём могут принимать участие любые элементарные частицы, кроме фотонов. Слабое взаимодействие ответственно за протекание процессов с участием нейтрино или антинейтрино, например, β -распад нейтрона

$${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e + {}^0_0\bar{\nu}_e,$$

а также безнейтринные процессы распада частиц с большим временем жизни ($\tau \geq 10^{-10}$ с).

Гравитационное взаимодействие присуще всем без исключения частицам, однако из-за малости масс элементарных частиц силы гравитационного взаимодействия между ними пренебрежимо малы и в процессах микромира их роль несущественна. Гравитационные силы играют решающую роль при взаимодействии космических объектов (звёзд, планет и т.п.) с их огромными массами.

В 30-е гг. XX в. возникла гипотеза о том, что в мире элементарных частиц взаимодействия осуществляются посредством обмена квантами какого-либо поля. Эта гипотеза первоначально была выдвинута

нашими соотечественниками И.Е. Таммом и Д.Д. Иваненко. Они предположили, что фундаментальные взаимодействия возникают в результате обмена частицами, подобно тому как ковалентная химическая связь атомов возникает при обмене валентными электронами, которые объединяются на незаполненных электронных оболочках.

Взаимодействие, осуществляемое путём обмена частицами, получило в физике название **обменного взаимодействия**. Так, например, электромагнитное взаимодействие между заряженными частицами возникает вследствие обмена фотонами — квантами электромагнитного поля.

Теория обменного взаимодействия получила признание после того, как в 1935 г. японский физик Х. Юкава теоретически показал, что сильное взаимодействие между нуклонами в ядрах атомов может быть объяснено, если предположить, что нуклоны обмениваются гипотетическими частицами, получившими название мезонов. Юкава вычислил массу этих частиц, которая оказалась приблизительно равной 300 электронным массам. Частицы с такой массой были впоследствии действительно обнаружены. Эти частицы получили название π -мезонов (пионов). В настоящее время известны три вида пионов: π^+ , π^- и π^0 .

В 1957 г. было теоретически предсказано существование тяжёлых частиц, так называемых **векторных бозонов** W^+ , W^- и Z^0 , обуславливающих обменный механизм слабого взаимодействия. Эти частицы были обнаружены в 1983 г. в экспериментах на ускорителе на встречных пучках протонов и антипротонов с высокой энергией. Открытие векторных бозонов явилось очень важным достижением физики элементарных частиц. Это открытие ознаменовало успех теории, объединившей электромагнитное и слабое взаимодействия в единое так называемое **электрослабое взаимодействие**. Эта новая теория рассматривает электромагнитное поле и поле слабого взаимодействия как разные компоненты одного поля, в котором наряду с квантом участвуют векторные бозоны.

После этого открытия в современной физике значительно возросла уверенность в том, что все виды взаимодействий тесно связаны между собой и по существу являются различными проявлениями некоторого единого поля. Однако объединение всех взаимодействий остаётся пока лишь привлекательной научной гипотезой.

Физики-теоретики прилагают значительные усилия, чтобы рассмотреть на единой основе не только электромагнитное и слабое, но и сильное взаимодействие. Эта теория получила название **Великого объединения**. Учёные предполагают, что и у гравитационного взаимодействия должен быть свой переносчик — гипотетическая частица, названная **гравитоном**. Однако эта частица до сих пор не обнаружена.

В настоящее время считается доказанным, что единое поле, объединяющее все виды взаимодействия, может существовать только при чрезвычайно больших энергиях частиц, недостижимых на современных ускорителях. Такими большими энергиями частицы могли обладать только на самых ранних этапах существования Вселенной, которая возникла в результате так называемого **Большого взрыва** (Big Bang). Космология — наука об эволюции Вселенной — предполагает, что Большой взрыв произошел 18 млрд лет тому назад. В стандартной модели эволюции Вселенной предполагается, что в первый период после взрыва температура могла достигать 10^{32} К, а энергия частиц $E = kT$ достигать значений 10^{19} ГэВ. В этот период материя существовала в форме кварков и нейтрино, при этом все виды взаимодействий были объединены в единое силовое поле. Постепенно по мере расширения Вселенной энергия частиц уменьшалась, и из единого поля взаимодействий сначала выделилось гравитационное взаимодействие (при энергиях частиц $\leq 10^{19}$ ГэВ), а затем сильное взаимодействие отделилось от электрослабого (при энергиях порядка 10^{14} ГэВ). При энергиях порядка 10^3 ГэВ все четыре вида фундаментальных взаимодействий оказались разделёнными. Одновременно с этими процессами шло формирование более сложных форм материи — нуклонов, лёгких ядер, ионов, атомов и т.д. Космология в своей модели пытается проследить эволюцию Вселенной на разных этапах её развития от Большого взрыва до наших дней, опираясь на законы физики элементарных частиц, а также ядерной и атомной физики.

Глава VI. Строение Вселенной

Урок 65.6. Вселенная. Расширение Вселенной. § 36

С 30-х гг. XX в. астрофизики уже знали, что, согласно закону Хаббла, Вселенная расширяется, а значит, она имела своё начало в определённый момент в прошлом. Задача астрофизиков, таким образом,

внешне выглядела простой: отследить все стадии хаббловского расширения в обратной хронологии, применяя на каждой стадии соответствующие физические законы, и, пройдя этот путь до конца, точнее, до самого начала, понять, как именно всё происходило.

В конце 1970-х гг., однако, оставались нерешёнными несколько фундаментальных проблем, связанных с ранней Вселенной, а именно:

- **проблема антивещества.** Согласно законам физики, вещество и антивещество имеют равное право на существование во Вселенной (см. Античастицы), однако Вселенная практически полностью состоит из вещества. Почему так произошло?;

- **проблема горизонта.** По фоновому космическому излучению (см. Большой взрыв) мы можем определить, что температура Вселенной везде примерно одинакова, однако отдельные её части (скопления галактик) не могли находиться в контакте (как принято говорить, они были за пределами *горизонта* друг друга). Как же получилось, что между ними установилось тепловое равновесие?;

- **проблема распрямления пространства.** Вселенная, судя по всему, обладает именно той массой и энергией, которые необходимы для того, чтобы замедлить и остановить хаббловское расширение. Почему из всех возможных масс Вселенная имеет именно такую?

Ключом к решению этих проблем послужила идея, что сразу после своего рождения Вселенная была очень плотной и очень горячей. Всё вещество в ней представляло собой раскаленную массу кварков и лептонов (см. Стандартная модель), у которых не было никакой возможности объединиться в атомы. Действующим в современной Вселенной различным силам (таким, как электромагнитные и гравитационные силы) тогда соответствовало единое поле силового взаимодействия (см. Универсальные теории). Но когда Вселенная расширилась и остыла, гипотетическое единое поле распалось на несколько сил (см. Ранняя Вселенная).

В 1981 г. американский физик Алан Гут осознал, что выделение сильных взаимодействий из единого поля, случившееся примерно через 10^{-35} секунды после рождения Вселенной (только задумайтесь — это 34 нуля и единица после запятой!), стало поворотным моментом в её развитии. Произошёл **фазовый переход** вещества из одного состояния в другое в масштабах Вселенной — явление, подобное превращению воды в лёд. И как при замерзании воды её беспорядочно движущиеся молекулы вдруг «схватываются» и образуют строгую кристаллическую структуру, так под влиянием выделившихся сильных взаимодействий произошла мгновенная перестройка, своеобразная «кристаллизация» вещества во Вселенной.

Кто видел, как лопаются водопроводные трубы или трубки автомобильного радиатора на сильном морозе, стоит только воде в них превратиться в лёд, тот на собственном опыте знает, что вода при замерзании расширяется. Алану Гуту удалось показать, что при разделении сильных и слабых взаимодействий во Вселенной произошло нечто подобное — скачкообразное расширение. Это расширение, которое называется **инфляционным**, во много раз быстрее обычного хаббловского расширения. Примерно за 10^{-32} секунды Вселенная расширилась на 50 порядков — была меньше протона, а стала размером с грейпфрут (для сравнения: вода при замерзании расширяется всего на 10%). И это стремительное инфляционное расширение Вселенной снимает две из трёх вышеназванных проблем, непосредственно объясняя их.

Решение **проблемы распрямления пространства** нагляднее всего демонстрирует следующий пример: представьте координатную сетку, нарисованную на тонкой эластичной карте, которую затем смяли как попало. Если теперь взять и сильно встряхнуть эту смятую в комок эластичную карту, она снова примет плоский вид, а координатные линии на ней восстановятся, независимо от того, насколько сильно мы деформировали её, когда скомкали. Аналогичным образом не важно, насколько искривленным было пространство Вселенной на момент начала её инфляционного расширения, главное — по завершении этого расширения пространство оказалось полностью распрямым. А поскольку из теории относительности мы знаем, что кривизна пространства зависит от количества материи и энергии в нём, становится понятно, почему во Вселенной находится ровно столько материи, сколько необходимо, чтобы уравновесить хаббловское расширение.

Объясняет инфляционная модель и **проблему горизонта**, хотя не так прямо. Из теории излучения чёрного тела мы знаем, что излучение, испускаемое телом, зависит от его температуры. Таким образом, по спектрам излучения удалённых участков Вселенной мы можем определить их температуру. Такие измерения дали ошеломляющие результаты: оказалось, что в любой наблюдаемой точке Вселенной температура (с погрешностью измерения до четырех знаков после запятой) одна и та же. Если исходить из модели

обычного хаббловского расширения, то вещество сразу же после Большого взрыва должно было разлететься слишком далеко, чтобы температуры могли уравниваться. Согласно же инфляционной модели, вещество Вселенной до момента $t = 10^{-35}$ секунды оставалось гораздо более компактным, чем при хаббловском расширении. Этого чрезвычайно короткого периода было вполне достаточно, чтобы установилось термическое равновесие, которое не было нарушено на стадии инфляционного расширения и сохранилось до сих пор.

Инфляционная гипотеза не снимает *проблемы антивещества*, но эту проблему можно объяснить, обратившись к другим процессам, происходившим в то же время. Обнаруживаются интересные вещи: при бурном образовании элементарных частиц в ранней Вселенной примерно на 100 000 001 обычных частиц пришлось 100 000 000 античастиц. В следующую долю секунды частицы и античастицы, объединившись в пары, аннигилировали друг друга с гигантским выбросом энергии — масса превратилась в излучение. После такой «прополки» во Вселенной остался лишь жалкий клочок обычной материи. Вот из этого «космического мусора» и состоит вся известная нам сегодня Вселенная.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Общая характеристика методического пособия	3
Планируемые результаты освоения учебного предмета	3
Типология уроков	6
Структура уроков	6
Формы организации учебных занятий	8
Учебно-методическое обеспечение образовательной деятельности	9
ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРЕДМЕТА И МЕТОДИКА ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ НА УРОКАХ ФИЗИКИ В 11 КЛАССЕ	
Общая характеристика воспитания	10
Основные направления воспитания средствами учебного предмета «Физика» в 11 классе	12
Примеры формулировок целей воспитания	17
Схема анализа процесса воспитания на уроке	17
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО КУРСУ «ФИЗИКА», 11 КЛАСС	
Предметные результаты освоения основной образовательной программы	19
Содержание курса	21
Учебный план	25
Поурочно-тематическое планирование	29
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ УРОКОВ	
	93