

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «физики»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.Б.06 Физика

Направление подготовки (специальность) 20.03.01 "Техносферная безопасность"

Профиль образовательной программы "Безопасность жизнедеятельности в
техносфере"

Форма обучения заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций

1.1 Лекция № 1 *Введение. Динамика поступательного движения*

1.2 Лекция № 2 *Законы сохранения*

1.3 Лекция № 3 *Механика сплошных сред*

1.4 Лекция № 4 *Электростатика*

1.5 Лекция № 5 *Квантовые свойства электромагнитного излучения*

2. Методические указания по выполнению лабораторных работ

2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 *Определение плотности тел правильной геометрической формы*

2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 *Изучение законов свободных колебаний упруго деформированного тела*

2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 *Последовательное и параллельное соединение проводников*

2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 *Изучение зависимости сопротивления лампы накаливания от температуры*

2.5 Лабораторная работа № ЛР-5 *Фотоэффект*

2.6 Лабораторная работа № ЛР-6 *Постулаты Бора*

3. Методические указания по проведению практических занятий

3.1 Практическое занятие № ПЗ-1 *Молекулярная физика*

3.2 Практическое занятие № ПЗ-2 *Термодинамика*

3.3 Практическое занятие № ПЗ-3 *Постоянный электрический ток*

3.4 Практическое занятие № ПЗ-4 *Магнитостатика*

3.5 Практическое занятие № ПЗ-5 *Экспериментальные данные о структуре атомов*

3.6 Практическое занятие № ПЗ-6 *Элементы квантовой механики*

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1 Лекция № 1 (2 часа)

Тема: «Введение. Динамика поступательного движения»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Физика в системе естественных наук.
2. Общая структура и задачи дисциплины «Физика».
3. Экспериментальная и теоретическая физика.
4. Первый закон Ньютона.
5. Масса.
6. Сила.
7. Второй закон Ньютона.
8. Третий закон Ньютона.

1.1.2 Краткое содержание вопросов

1. Физика в системе естественных наук.

Физика – наука о простейших и вместе с тем наиболее общих законах природы, о материи, её структуре и движении

Условно все науки, согласно их предмету изучения, можно разделить на *три* больших системы:

- общественные науки (социология, история, обществознание);
- технические науки (агрономия, механика, строительство, архитектура);
- естественные науки (биология, химия, физика)

Естественные науки – это система наук, которые изучают влияние внешних природных явлений на жизнедеятельность человека. Основой естественных наук является соотношение законов природы с законами, которые вывел человек в ходе своей деятельности.

2. Общая структура и задачи дисциплины «Физика».

Дисциплина «физика» состоит из следующих модулей:

1. Механика.
2. Молекулярная физика и термодинамика.
3. Электричество и магнетизм.
4. Колебания и волны, оптика.
5. Квантовая физика.
6. Ядерная физика.
7. Физическая картина мира.

В результате освоения дисциплины «Физика» студент должен изучить физические явления и законы физики, границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях; познакомиться с основными физическими величинами, знать их определение, смысл, способы и единицы их измерения; представлять себе фундаментальные физические опыты и их роль в развитии науки; знать назначение и принципы действия важнейших физических приборов.

3. Экспериментальная и теоретическая физика.

В основе своей физика — экспериментальная наука: все её законы и теории основываются и опираются на опытные данные. Однако зачастую именно новые теории являются причиной проведения экспериментов и, как результат, лежат в основе новых открытий. Поэтому принято различать экспериментальную и теоретическую физику.

Экспериментальная физика исследует явления природы в заранее подготовленных условиях. В её задачи входит обнаружение ранее неизвестных явлений, подтверждение или опровержение физических теорий. Многие достижения в физике были сделаны благодаря экспериментальному обнаружению явлений, не описываемых существующими теориями.

В задачи теоретической физики входит формулирование общих законов природы и объяснение на основе этих законов различных явлений, а также предсказание до сих пор неизвестных явлений. Верность любой физической теории проверяется экспериментально: если результаты эксперимента совпадают с предсказаниями теории, она считается адекватной (достаточно точно описывающей данное явление).

При изучении любого явления экспериментальные и теоретические аспекты одинаково важны.

4. Первый закон Ньютона.

Законы Ньютона — три закона, лежащие в основе классической механики и позволяющие записать уравнения движения для любой механической системы, если известны силовые взаимодействия для составляющих её тел. Впервые в полной мере сформулированы Исааком Ньютоном в книге «Математические начала натуральной философии» (1687 год)

Первый закон Ньютона постулирует существование инерциальных систем отсчета. Поэтому он также известен как закон инерции. Инерция — это свойство тела сохранять скорость своего движения неизменной (и по величине, и по направлению), когда на тело не действуют никакие силы. Чтобы изменить скорость движения тела, на него необходимо подействовать с некоторой силой. Естественно, результат действия

одинаковых по величине сил на различные тела будет различным. Таким образом, говорят, что тела обладают разной инертностью. Инертность — это свойство тел сопротивляться изменению их скорости. Величина инертности характеризуется массой тела.

Существуют такие системы отсчёта, называемые инерциальными, относительно которых материальные точки, когда на них не действуют никакие силы (или действуют силы взаимно уравновешенные), находятся в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.

5. Масса.

Масса — скалярная физическая величина, одна из важнейших величин в физике. Первоначально (XVII—XIX века) она характеризовала «количество вещества» в физическом объекте, от которого, по представлениям того времени, зависели как способность объекта сопротивляться приложенной силе (инертность), так и гравитационные свойства (в частности, вес).

В современной физике понятие «количество вещества» имеет другой смысл, а масса тесно связана с понятиями «энергия» и «импульс» (по современным представлениям — масса эквивалентна энергии покоя). Масса проявляется в природе несколькими способами.

Пассивная гравитационная масса показывает, с какой силой тело взаимодействует с внешними гравитационными полями — фактически эта масса положена в основу измерения массы взвешиванием в современной метрологии.

Активная гравитационная масса показывает, какое гравитационное поле создаёт само это тело — гравитационные массы фигурируют в законе всемирного тяготения.

Инертная масса характеризует инертность тел и фигурирует в одной из формулировок второго закона Ньютона. Если произвольная сила в инерциальной системе отсчёта одинаково ускоряет разные исходно неподвижные тела, этим телам приписывают одинаковую инертную массу.

Гравитационная и инертная массы равны друг другу (с высокой точностью — порядка 10^{-13}).

В классической механике масса системы тел равна сумме масс составляющих её тел. В релятивистской механике масса не является аддитивной физической величиной, то есть масса системы в общем случае не равна сумме масс компонентов, а включает в себя энергию связи и зависит от характера движения частиц друг относительно друга.

6. Сила.

Сила — векторная физическая величина, являющаяся мерой интенсивности воздействия на данное тело других тел, а также полей. Приложенная к массивному телу сила является причиной изменения его скорости или возникновения в нём деформаций и напряжений.

Сила как векторная величина характеризуется модулем, направлением и точкой приложения силы. Также используется понятие линия действия силы, обозначающее проходящую через точку приложения силы прямую, вдоль которой направлена сила.

7. Второй закон Ньютона.

Второй закон Ньютона — дифференциальный закон движения, описывающий взаимосвязь между приложенной к материальной точке силой и получающимся от этого ускорением этой точки. Фактически, второй закон Ньютона вводит массу как меру проявления инертности материальной точки в выбранной инерциальной системе отсчёта (ИСО).

В инерциальной системе отсчёта ускорение, которое получает материальная точка с постоянной массой, прямо пропорционально равнодействующей всех приложенных к ней сил и обратно пропорционально её массе

8. Третий закон Ньютона.

Этот закон описывает, как взаимодействуют две материальные точки.

Материальные точки взаимодействуют друг с другом силами, имеющими одинаковую природу, направленными вдоль прямой, соединяющей эти точки, равными по модулю и противоположными по направлению.

Закон утверждает, что силы возникают лишь попарно, причём любая сила, действующая на тело, имеет источник происхождения в виде другого тела. Иначе говоря, сила всегда есть результат взаимодействия тел.

1.2 Лекция № 2 (2 часа)

Тема: «Законы сохранения»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Импульс.
2. Закон сохранения импульса.
3. Момент импульса.
4. Закон сохранения момента импульса.
5. Работа.
6. Энергия.

7. Закон сохранения энергии.

1.2.2 Краткое содержание вопросов

1. Импульс

Импульс — векторная физическая величина, являющаяся мерой механического движения тела. В классической механике импульс тела равен произведению массы этого тела на его скорость, направление импульса совпадает с направлением вектора скорости

2. Закон сохранения импульса

Закон сохранения импульса утверждает, что векторная сумма импульсов всех тел системы есть величина постоянная, если векторная сумма внешних сил, действующих на систему тел, равна нулю

3. Момент импульса

Момент импульса материальной точки относительно некоторого начала отсчёта определяется векторным произведением её радиус-вектора и импульса

4. Закон сохранения момента импульса

Векторная сумма всех моментов импульса относительно любой неподвижной точки (или сумма моментов относительно любой неподвижной оси) для замкнутой системы остается постоянной со временем

5. Работа

При прямолинейном движении одной материальной точки и постоянном значении приложенной к ней силы работа (этой силы) равна произведению величины проекции вектора силы на направление движения и величины совершённого перемещения

6. Энергия

Энергия — скалярная физическая величина, являющаяся единой мерой различных форм движения и взаимодействия материи, мерой перехода движения материи из одних форм в другие

7. Закон сохранения энергии

Введение понятия энергии удобно тем, что в случае, если физическая система является замкнутой, то её энергия сохраняется в этой системе на протяжении времени, в течение которого система будет являться замкнутой. Это утверждение носит название закона сохранения энергии

1.3 Лекция № 3 (2 часа)

Тема: «Механика сплошных сред»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Общие свойства жидкостей и газов.
2. Стационарное течение идеальной жидкости.
3. Уравнение Бернулли.
4. Упругие напряжения и деформации в твердом теле.
5. Закон Гука.
6. Модуль Юнга.
7. Коэффициент Пуассона.

1.3.2 Краткое содержание вопросов

1. Общие свойства жидкостей и газов.

В механике с большой степенью точности жидкости и газы рассматриваются как сплошные, непрерывно распределенные в занятой ими части пространства.

2. Стационарное течение идеальной жидкости.

Сжимаемостью жидкости и газа во многих задачах можно пренебречь и пользоваться единым понятием идеальной несжимаемой жидкости — жидкости, плотность которой всюду одинакова и не изменяется со временем.

Течение жидкости представляет собой поле скоростей, изображенное с помощью линий тока. Если поле скоростей, то есть форма и расположение соответствующие ему линии тока не меняются с течением времени, то движение жидкости называется стационарным или установившимся.

3. Уравнение Бернулли.

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 + p_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2 + p_2$$

4. Упругие напряжения и деформации в твердом теле.

Деформация — изменение взаимного положения частиц тела, связанное с их перемещением относительно друг друга. Деформация представляет собой результат изменения межатомных расстояний и перегруппировки блоков атомов. Обычно деформация сопровождается изменением величин межатомных сил, мерой которого является упругое механическое напряжение.

Деформации разделяют на обратимые (упругие) и необратимые (пластические, ползучести). Упругие деформации исчезают после окончания действия приложенных сил, а необратимые — остаются. В основе упругих деформаций лежат обратимые смещения атомов металлов от положения равновесия (другими словами, атомы не выходят за пределы межатомных связей); в основе необратимых — необратимые перемещения атомов на значительные расстояния от исходных положений равновесия (то есть выход за рамки межатомных связей, после снятия нагрузки переориентация в новое равновесное положение).

5. Закон Гука.

Закон Гука — утверждение, согласно которому деформация, возникающая в упругом теле, пропорциональна приложенной к этому телу силе. Следует иметь в виду, что закон Гука выполняется только при малых деформациях. При превышении предела пропорциональности связь между напряжениями и деформациями становится нелинейной. Для многих сред закон Гука неприменим даже при малых деформациях.

6. Модуль Юнга.

Модуль Юнга (модуль продольной упругости) — физическая величина, характеризующая свойства материала сопротивляться растяжению/сжатию при упругой деформации

7. Коэффициент Пуассона.

Коэффициент Пуассона — величина отношения относительного поперечного сжатия к относительному продольному растяжению. Этот коэффициент зависит не от размеров тела, а от природы материала, из которого изготовлен образец. Коэффициент Пуассона и модуль Юнга полностью характеризуют упругие свойства изотропного материала.

1.4 Лекция 4 (Л-4) (2 часа)

Тема: «Электростатика»

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Электрический заряд, его свойства.
2. Закон Кулона.
3. Напряженность и потенциал электростатического поля.
4. Теорема Гаусса в интегральной форме и ее применение для расчета электрических полей.

1.4.2 Краткое содержание вопросов

1. Электрический заряд, его свойства.

Электрический заряд (количество электричества) — это физическая скалярная величина, определяющая способность тел быть источником электромагнитных полей и принимать участие в электромагнитном взаимодействии. Впервые электрический заряд был введен в законе Кулона в 1785 году.

Единица измерения заряда в Международной системе единиц (СИ) — кулон — электрический заряд, проходящий через поперечное сечение проводника при силе тока 1 А за время 1 с

Фундаментальные свойства зарядов

1. Электрический заряд может быть двух типов: положительный и отрицательный. Тела, имеющие электрические заряды одного знака, отталкиваются друг от друга, тела с зарядами противоположных знаков — притягиваются.

2. Носителями электрического заряда являются заряженные элементарные частицы с элементарным зарядом $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл

- протон — носитель положительного заряда;
- электрон — носитель отрицательного заряда.

Заряд любого другого тела составляет целое кратное от элементарного электрического заряда.

3. Фундаментальный закон сохранения электрического: в любой электрически изолированной системе алгебраическая сумма зарядов не изменяется.

4. Электрический заряд является релятивистски инвариантным: его величина не зависит от системы отсчета, а значит, не зависит от того, движется он или покоится.

2. Закон Кулона.

Закон Кулона — это закон, описывающий силы взаимодействия между неподвижными точечными электрическими зарядами.

Сила взаимодействия двух точечных зарядов в вакууме направлена вдоль прямой, соединяющей эти заряды, пропорциональна их величинам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Она является силой притяжения, если знаки зарядов разные, и силой отталкивания, если эти знаки одинаковы.

3. Напряженность и потенциал электростатического поля.

Напряженность электрического поля — векторная физическая величина, характеризующая электрическое поле в данной точке и численно равная отношению силы, действующей на неподвижный точечный заряд, помещенный в данную точку поля, к величине этого заряда.

Электростатический потенциал — скалярная энергетическая характеристика электростатического поля, характеризующая потенциальную энергию, которой обладает единичный положительный пробный

заряд, помещённый в данную точку поля. Единицей измерения потенциала в Международной системе единиц (СИ) является вольт.

4. Теорема Гаусса в интегральной форме и ее применение для расчета электрических полей.

Теорема Гаусса — один из основных законов электродинамики, входит в систему уравнений Максвелла. Выражает связь (а именно равенство с точностью до постоянного коэффициента) между потоком напряжённости электрического поля сквозь замкнутую поверхность и зарядом в объёме, ограниченном этой поверхностью. Применяется отдельно для вычисления электростатических полей.

Аналогичная теорема, также входящая в число уравнений Максвелла, существует и для магнитного поля.

Также теорема Гаусса верна для любых полей, для которых верен закон Кулона или его аналог (например, для ньютоновской гравитации). При этом она является, как принято считать, более фундаментальной, так как позволяет в частности вывести степень расстояния в законе Кулона «из первых принципов», а не постулировать ее (или не находить эмпирически).

В этом можно видеть фундаментальное значение теоремы Гаусса в теоретической физике.

Существуют аналоги (обобщения) теоремы Гаусса и для более сложных полевых теорий, чем электродинамика.

1.5 Лекция 5 (Л-5) (2 часа)

Тема: «Квантовые свойства электромагнитного излучения»

1.5.1 Вопросы лекции:

1. Тепловое излучение и люминесценция.
2. Спектральные характеристики теплового излучения.
3. Абсолютно черное тело.
4. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана и закон смещения Вина.
5. Формула Релея-Джинса и «ультрафиолетовая катастрофа».
6. Гипотеза квантов. Формула Планка.
7. Квантовое объяснение законов теплового излучения.
8. Корпускулярно-волновой дуализм света.

1.5.2 Краткое содержание вопросов

1. Тепловое излучение и люминесценция.

Тепловое излучение — электромагнитное излучение, возникающее за счёт внутренней энергии тела. Имеет сплошной спектр, положение и интенсивность максимума которого зависят от температуры тела.

Причиной того, что вещество излучает электромагнитные волны, является устройство атомов и молекул из заряженных частиц, из-за чего вещество пронизано электромагнитными полями. В частности, при столкновениях атомов и молекул происходит их ударное возбуждение с последующим высвечиванием.

Люминесценция — нетепловое свечение вещества, происходящее после поглощения им энергии возбуждения. Впервые люминесценция была описана в XVIII веке.

Первоначально явление люминесценции использовалось при изготовлении светящихся красок и световых составов на основе так называемых фосфоров, для нанесения на шкалы приборов, предназначенных для использования в темноте. Особого внимания в СССР люминесценция не привлекала вплоть до 1948 года, когда советский учёный С. И. Вавилов на сессии Верховного совета предложил начать изготовление экономичных люминесцентных ламп и использовать люминесценцию в анализе химических веществ. В быту явление люминесценции используется чаще всего в люминесцентных лампах «дневного света» и электронно-лучевых трубках кинескопов. На использовании явления люминесценции основано явление усиления света, экспериментально подтверждённое работами В. А. Фабриканта и лежащее в основе научно-технического направления квантовой электроники, конкретно находящее своё применение в усилителях света и генераторах стимулированного излучения (лазерах).

2. Спектральные характеристики теплового излучения.

Поглощающая способность тела — $a_{\omega,T}$ — функция частоты и температуры, показывающая, какая часть энергии электромагнитного излучения, падающего на тело, поглощается телом в области частот $d\omega$ вблизи ω .

Отражающая способность тела — $b_{\omega,T}$ — функция частоты и температуры, показывающая, какая часть энергии электромагнитного излучения, падающего на тело, отражается от него в области частот $d\omega$ вблизи ω .

3. Абсолютно черное тело.

Абсолютно черное тело — это физическая абстракция (модель), под которой понимают тело, полностью поглощающее всё падающее на него электромагнитное излучение

4. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана и закон смещения Вина.

Закон излучения Кирхгофа — физический закон, установленный немецким физиком Кирхгофом в 1859 году. В современной формулировке закон звучит следующим образом: отношение излучательной способности любого тела к его поглотительной способности одинаково для всех тел при данной температуре для данной частоты и не зависит от их формы и химической природы.

Закон Стефана — Больцмана — интегральный закон излучения абсолютно чёрного тела. Определяет зависимость плотности мощности излучения абсолютно чёрного тела от его температуры. В словесной форме закон может быть сформулирован следующим образом: полная объёмная плотность равновесного излучения и полная испускательная способность абсолютно чёрного тела пропорциональна четвёртой степени его температуры.

Закон смещения Вина устанавливает зависимость длины волны, на которой поток излучения энергии чёрного тела достигает своего максимума, от температуры чёрного тела.

5. Формула Рэлея-Джинса и «ультрафиолетовая катастрофа».

Закон Рэлея — Джинса — закон излучения для равновесной плотности излучения $u(\omega, T)$ и для испускательной способности $f(\omega, T)$ абсолютно чёрного тела, который получили Рэлей и Джинс в рамках классической статистики (теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы и представление об электромагнитном поле как о бесконечномерной динамической системе).

Правильно описывал низкочастотную часть спектра, при средних частотах приводил к резкому расхождению с экспериментом, а при высоких — к абсурдному результату, означавшему неудовлетворительность классической физики.

Этот результат, получивший название ультрафиолетовой катастрофы, очевидно, входит в противоречие с экспериментом. Логично предположение, что несогласие с экспериментом вызвано некими закономерностями, которые несовместимы с классической физикой. Эти закономерности были определены

Максом Планком: в 1900 году ему удалось найти вид функции $u(\omega, T)$, соответствующий опытным данным, в дальнейшем называемой формулой Планка.

6. Гипотеза квантов. Формула Планка.

Гипотеза Планка — гипотеза, выдвинутая 14 декабря 1900 года Максом Планком и заключающаяся в том, что при тепловом излучении энергия испускается и поглощается не непрерывно, а отдельными квантами (порциями).

Формула Планка — выражение для спектральной плотности мощности излучения (спектральной плотности энергетической светимости) абсолютно чёрного тела, которое было получено Максом Планком

для плотности энергии излучения $u(\omega, T)$:

$$u(\omega, T) = \frac{\omega^2}{\pi^2 c^3} \frac{\hbar \omega}{e^{\frac{\hbar \omega}{kT}} - 1}$$

Формула Планка («форма» зависимости u от частоты и температуры) первоначально была «выведена» эмпирически. Формула Планка была получена после того, как стало ясно, что формула Рэлея—Джинса, которая следует из классической теории электромагнитного поля, удовлетворительно описывает излучение только в области длинных волн. С убыванием длин волн формула Рэлея—Джинса сильно расходится с эмпирическими данными. Более того, в пределе она даёт расхождение — бесконечную энергию излучения (ультрафиолетовая катастрофа). В связи с этим Планк в 1900 году сделал предположение, противоречащее классической физике, о том, что электромагнитное излучение испускается в виде отдельных порций энергии (квантов), величина которых связана с частотой излучения выражением:

$$\varepsilon = \hbar \omega$$

Коэффициент пропорциональности \hbar впоследствии назвали постоянной Планка. Это предположение позволило объяснить наблюдаемый спектр излучения теоретически.

7. Квантовое объяснение законов теплового излучения.

Правильность формулы Планка подтверждается не только непосредственной эмпирической проверкой, но и следствиями из данной формулы, в частности из неё следует закон Стефана-Больцмана, также эмпирически подтверждённый. Кроме того, из неё выводятся также и приближительные формулы, полученные до формулы Планка, — формула Вина и формула Рэлея-Джинса.

8. Корпускулярно-волновой дуализм света.

Корпускулярно-волновой дуализм (или Квантово-волновой дуализм) — принцип, согласно которому любой физический объект может быть описан как с использованием математического аппарата, основанного на волновых уравнениях, так и с помощью формализма, основанного на представлении об объекте как о частице или как о системе частиц. В частности, волновое уравнение Шрёдингера не накладывает ограничений на массу описываемых им частиц, и следовательно, любой частице, как микро-, так и макро-, может быть поставлена в соответствие волна де Бройля. В этом смысле любой объект может проявлять как волновые, так и корпускулярные (квантовые) свойства.

Идея о корпускулярно-волновом дуализме была использована при разработке квантовой механики для интерпретации явлений, наблюдаемых в микромире, с точки зрения классических концепций. В соответствии с теоремой Эренфеста квантовые аналоги системы канонических уравнений Гамильтона для микрочастиц приводят к обычным уравнениям классической механики. Дальнейшим развитием принципа корпускулярно-волнового дуализма стала концепция квантованных полей в квантовой теории поля.

Как классический пример, свет можно трактовать как поток корпускул (фотонов), которые во многих физических эффектах проявляют свойства электромагнитных волн. Свет демонстрирует свойства волны в явлениях дифракции и интерференции при масштабах, сравнимых с длиной световой волны. Например,

даже одиночные фотоны, проходящие через двойную щель, создают на экране интерференционную картину, определяемую уравнениями Максвелла. Характер решаемой задачи диктует выбор используемого подхода: корпускулярного (фотоэффект, эффект Комптона), волнового или термодинамического.

Тем не менее, эксперимент показывает, что фотон не есть короткий импульс электромагнитного излучения, например, он не может быть разделён на несколько пучков оптическими делителями лучей, что наглядно показал эксперимент, проведённый французскими физиками Гранжье, Роже и Аспэ в 1986 году. Корпускулярные свойства света проявляются при фотоэффекте и в эффекте Комптона. Фотон ведет себя и как частица, которая излучается или поглощается целиком объектами, размеры которых много меньше его длины волны (например, атомными ядрами), или вообще могут считаться точечными (например, электрон).

Сейчас концепция корпускулярно-волнового дуализма представляет лишь исторический интерес, так как, во-первых, некорректно сравнивать и/или противопоставлять материальный объект (электромагнитное излучение, например) и способ его описания (корпускулярный или волновой); и, во-вторых, число способов описания материального объекта может быть больше двух (корпускулярный, волновой, термодинамический, ...), так что сам термин «дуализм» становится неверным. На момент своего возникновения концепция корпускулярно-волнового дуализма служила способом интерпретировать поведение квантовых объектов, подбирая аналогии из классической физики. На деле квантовые объекты не являются ни классическими волнами, ни классическими частицами, приобретая свойства первых или вторых лишь в некотором приближении. Методологически более корректной является формулировка квантовой теории через интегралы по траекториям, свободная от использования классических понятий.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ

ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа № 1 (2 часа).

Тема: «Определение плотности тел правильной геометрической формы»

2.1.1 Цель работы: определить плотность тела правильной геометрической формы

2.1.2 Задачи работы:

1. Освоить методику экспериментального определения значений физических величин

2. Научиться обрабатывать результаты измерений

3. Находить погрешности измерений

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Цилиндр

2. Штангенциркуль

2.1.4 Описание (ход) работы:

1. Познакомиться с устройством штангенциркуля.

2. Измерить высоту цилиндра с помощью штангенциркуля не менее 3 раз в различных местах и результат измерений занести в таблицу.

3. Определить среднюю абсолютную $\langle \Delta h \rangle$ и относительную $\varepsilon = \frac{\langle \Delta h \rangle}{h}$ погрешности измерений и результат обработки занести в таблицу.

4. Измерить диаметр цилиндра не менее 3 раз в различных местах и результат измерений занести в таблицу.

5. Определить среднюю абсолютную $\langle \Delta d \rangle$ и относительную ε погрешности измерений и результаты обработки занести в таблицу.

6. Вычислить объем цилиндра по формуле $V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h$, применив правила приближенных вычислений. По правилам приближенных вычислений в исходных данных и в окончательном результате нужно оставить столько значащих цифр, сколько их есть в

исходном данном с наименьшим числом значащих цифр.

7. Рассчитать абсолютную Δv и относительную ошибку $\varepsilon_v = \frac{\Delta v}{v}$ по формулам

погрешностей косвенных измерений.

8. Определить массу цилиндра с помощью весов и разновесов (технические весы обеспечивают точность 0,1 г, эту величину берут за абсолютную ошибку определения массы цилиндра). Величина массы может быть выбита на торце цилиндра.

9. Рассчитать плотность цилиндра по формуле $\rho = 4m / \pi d^2 h$.

10. Найти по таблице, из какого вещества он изготовлен.

11. Найти относительную погрешность вычисления плотности вещества:

$$\varepsilon_\rho = \langle \Delta m \rangle / \langle m \rangle + \langle \Delta v \rangle / \langle v \rangle = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta v}{v}.$$

12. Найти абсолютную погрешность в определении плотности вещества $\Delta \rho = \varepsilon_\rho \cdot \rho$.

13. Записать окончательный результат в виде $\rho = \langle \rho \rangle \pm \langle \Delta \rho \rangle = \rho \pm \Delta \rho$.

2.2 Лабораторная работа № 2 (2 часа).

Тема: «Изучение законов свободных колебаний упруго деформированного тела»

2.2.1 Цель работы: изучение законов свободных колебаний упруго

деформированного тела

2.2.2 Задачи работы:

1. Изучить закономерности свободных колебаний пружинного маятника
2. Экспериментальная проверка закона Гука

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Кронштейн с пружиной и со шкалой
2. Набор грузов
3. Секундомер

2.2.4 Описание (ход) работы:

Задание 1. Изучение зависимости смещения пружинного маятника от величины деформирующей силы.

1. Укрепить на стойке кронштейн с пружиной так, чтобы стрелка указателя была при ненагруженной пружине в высшей точке шкалы. Отметить положение стрелки указателя на шкале.
2. Навесить на пружину один груз, записать в таблицу его массу и снова отметить положение стрелки на шкале. По разности показаний по шкале определить смещение x_1 , под действием данного груза m_1 .
3. Навешивая на пружину 2, 3 и т.д. грузы, записать в таблицу массы их и соответствующие смещения.
4. По результатам опытов построить график зависимости деформирующей силы от смещения $F=f(x)$.
5. Вычислить величину $k = mg/x$, а затем рассчитать $k_{ср}$.

Задание 2. Изучение зависимости периода колебаний пружинного маятника от его массы.

1. Слегка оттянуть пружину с грузом и отпустить. С помощью секундомера определить

время 20 полных колебаний маятника и рассчитать период колебания $T_1 = \frac{t_1}{20}$.

2. Прodelать то же самое, навешивая 2 груза вместе, затем 3 груза и т.д.

3. Поданным опыта построить график зависимости периода T колебаний груза от его массы m ($T = f(m)$).

Задание 3. По формуле $k' = \omega^2 m = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$ рассчитать значение k' для 3-х нагрузок и вычислить $k'_{\text{ср}}$. Полученное значение $k'_{\text{ср}}$ сравнить со значением $k_{\text{ср}}$, рассчитанным по деформации.

2.3 Лабораторная работа № 3 (2 часа).

Тема: «Последовательное и параллельное соединение проводников»

2.3.1 Цель работы: изучить закономерности различных видов соединения проводников

2.3.2 Задачи работы:

1. Изучить закономерности последовательного соединения проводников
2. Изучить закономерности параллельного соединения проводников

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Амперметр
2. Вольтметр
3. Набор сопротивлений
4. Соединительные провода
5. Источник тока

2.3.4 Описание (ход) работы:

Задание 1:

1. Ознакомиться с приборами и записать основные характеристики измерительных приборов;
2. Определить цену деления прибора, для многопредельных приборов определяют цену деления на каждом пределе;
3. Собирают схему последовательного соединения проводников.

Вольтметр подключается параллельно тому участку, где нужно измерить напряжение.

4. Присоединяя провода к зажимам сопротивлений, измерить падение напряжения на каждом сопротивлении и в общей цепи. Измерить силу тока.

Примечание: показания амперметра записывают при отключенном вольтметре.

5. Убедиться, что $U = U_1 + U_2 + U_3$ и $R_o = R_1 + R_2 + R_3$

$$\left(R_1 = \frac{U_1}{I}; R_2 = \frac{U_2}{I}; R_3 = \frac{U_3}{I}; R = \frac{U}{I} \right)$$

где P – общая мощность ($P = P_1 + P_2 + P_3$)

P_i – мощность, развиваемая на отдельных участках

($P_1 = IU_1$, $P_2 = IU_2$, $P_3 = IU_3$)

6. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу 1.

Задание 2.

1. Собрать схему и измерить общее напряжение и общую силу тока.
2. Измерить силу тока в каждой ветви, включая амперметр в каждую ветвь
3. Составить таблицу для занесения данных и записать в неё результаты измерений, полученные при параллельном соединении проводников (резисторов)
4. Убедиться в том, что при параллельном соединении соблюдаются соотношения $U_o = U_1 + U_2 + U_3$, $I_o = I_1 + I_2 + I_3$

$$R_{теор} = R_{эксп}; \quad \frac{1}{R_{теор}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

5. Составить отчет по работе и сделать выводы.

2.4 Лабораторная работа № 4 (2 часа).

Тема: «Изучение зависимости сопротивления лампы накаливания от температуры»

2.4.1 Цель работы: определить температурный коэффициент сопротивления вещества

2.4.2 Задачи работы:

1. Снять вольт-амперную характеристику нити накала лампы
2. Выяснить характер изменения сопротивления металлов при изменении температуры

2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Лампы накаливания
2. Потенциометр
3. Амперметр
4. Вольтметр

2.4.4 Описание (ход) работы:

1. Собрать схему, включить в нее лампу накаливания с вольфрамовой нитью.
2. Поставить ползунок (подвижный контакт) потенциометра в положение, чтобы при включении схемы ток через лампу накаливания был бы минимальным.
3. После проверки схемы преподавателем подключить ее к источнику напряжения.
4. Постепенно увеличивая ток в лампе накаливания, снять показания вольтметра и амперметра для 6 – 8 значений напряжения.
5. По формуле определить сопротивление нити накала лампы.
6. Результаты измерений занести в таблицу.
7. Построить графики зависимости силы тока от напряжения и сопротивления нити накала лампы от силы тока $I = f(U)$ и $R = f(I)$
8. Прodelать то же самое для другой лампы.
9. Сделать выводы и ответить на контрольные вопросы.

2.5 Лабораторная работа № 5 (2 часа).

Тема: «Фотоэффект»

2.5.1 Цель работы: определение красной границы фотоэффекта, работы выхода фотокатода и постоянной Планка

2.5.2 Задачи работы:

1. Ознакомиться с компьютерной моделью фотоэффекта

2. Изучить закономерности фотоэффекта

2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Компьютер с программным обеспечением, необходимым для выполнения работы

2.5.4 Описание (ход) работы:

1. Запустить на компьютере Виртуальный практикум по физике
2. Следовать пунктам меню программы
3. Составить отчет по работе

2.6 Лабораторная работа № 6 (2 часа).

Тема: «Постулаты Бора»

2.6.1 Цель работы: изучить основные положения теории Бора

2.6.2 Задачи работы:

1. Ознакомиться с компьютерной моделью атома водорода
2. Изучить закономерности спектров излучения и поглощения атомов

2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Компьютер с программным обеспечением, необходимым для выполнения работы

2.6.4 Описание (ход) работы:

1. Запустить на компьютере Виртуальный практикум по физике
2. Следовать пунктам меню программы
3. Составить отчет по работе

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

3.1 Практическое занятие № 1 (2 часа).

Тема: «Молекулярная физика»

3.1.1 Задание для работы:

1. Молекулярно-кинетическая теория (МКТ).
2. Экспериментальное обоснование положений МКТ.
3. Давление газа с точки зрения МКТ.
4. Распределение Максвелла молекул идеального газа.
5. Экспериментальное обоснование распределения Максвелла.
6. Распределение Больцмана. Барометрическая формула.
7. Явления переноса.
8. Диффузия. Теплопроводность. Внутреннее трение.

3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

3.1.3 Результаты и выводы:

Усвоены понятия, определения и законы молекулярно-кинетической теории.

3.2 Практическое занятие № 2 (2 часа).

Тема: «Термодинамика»

3.2.1 Задание для работы:

1. Термодинамическое равновесие и температура. Нулевое начало термодинамики.
2. Эмпирическая температурная шкала.
3. Уравнение состояния в термодинамике.
4. Первое начало термодинамики.
5. Второе начало термодинамики. Энтропия.

3.2.2 Краткое описание проводимого занятия:

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

3.2.3 Результаты и выводы:

Усвоены понятия, определения и законы термодинамики.

3.3 Практическое занятие № 3 (2 часа).

Тема: «Постоянный электрический ток»

3.3.1 Задание для работы:

1. Сила и плотность тока.
2. Уравнение непрерывности для плотности тока.
3. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах.
4. Закон Джоуля-Ленца.
5. Закон Видемана-Франца.
6. Электродвижущая сила источника тока.
7. Правила Кирхгофа.

3.3.2 Краткое описание проводимого занятия:

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

3.3.3 Результаты и выводы:

Усвоены понятия, определения и законы электрического тока.

3.4 Практическое занятие № 4 (2 часа).

Тема: «Магнитостатика»

3.4.1 Задание для работы:

1. Магнитное взаимодействие постоянных токов.
2. Вектор магнитной индукции.
3. Закон Ампера.
4. Сила Лоренца.
5. Движение зарядов в электрических и магнитных полях.
6. Закон Био-Савара-Лапласа.
7. Теорема о циркуляции (закон полного тока).

3.4.2 Краткое описание проводимого занятия:

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

3.4.3 Результаты и выводы:

Усвоены понятия, определения и законы магнитного поля.

3.5 Практическое занятие № 5 (2 часа).

Тема: «Экспериментальные данные о структуре атомов»

3.5.1 Задание для работы:

1. Модель атома Томсона.
2. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц.
3. Ядерная модель атома.
4. Эмпирические закономерности в атомных спектрах.
5. Формула Бальмера.

3.5.2 Краткое описание проводимого занятия:

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

3.5.3 Результаты и выводы:

Рассмотрены различные модели атома и экспериментальные данные о структуре атомов

3.6 Практическое занятие № 6 (2 часа).

Тема: «Элементы квантовой механики»

3.6.1 Задание для работы:

1. Гипотеза де Бройля.
2. Опыты Дэвиссона и Джермера.
3. Дифракция микрочастиц.
4. Принцип неопределенности Гейзенберга.
5. Волновая функция, ее статистический смысл и условия, которым она должна удовлетворять. Уравнение Шредингера.
6. Квантовая частица в одномерной потенциальной яме. Одномерный потенциальный порог и барьер.

3.6.2 Краткое описание проводимого занятия:

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

3.6.3 Результаты и выводы:

Рассмотрены основные закономерности квантовой механики