

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

*Б1.Б.07 Физика*

**Направление подготовки (специальность) 05.03.06 "Экология и природопользование"**

**Профиль образовательной программы Экология**

**Форма обучения очная**

## СОДЕРЖАНИЕ

### 1. Конспект лекций

- 1.1 Лекция № 1 *Введение. Предмет физики. Динамика поступательного и вращательного движения*
- 1.2 Лекция № 2 *Законы сохранения*
- 1.3 Лекция № 3 *Элементы механики сплошных сред*
- 1.4 Лекция № 4 *Молекулярная физика и термодинамика*
- 1.5 Лекция № 5 *Электричество и магнетизм*
- 1.6 Лекция № 6 *Колебания и волны, оптика*
- 1.7 Лекция № 7 *Квантовая физика*
- 1.8 Лекция № 8 *Ядерная физика*

### 2. Методические материалы по выполнению лабораторных работ

- 2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 *Определение плотности тел правильной геометрической формы*
- 2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 *Определение момента инерции диска*
- 2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 *Изучение законов свободных колебаний упруго деформированного тела*
- 2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 *Определение коэффициента вязкости жидкостей методом Стокса*
- 2.5 Лабораторная работа № ЛР-5 *Определение влажности воздуха психрометром*
- 2.6 Лабораторная работа № ЛР-6 *Последовательное и параллельное соединение проводников*
- 2.7 Лабораторная работа № ЛР-7 *Измерение индукции магнитного поля постоянного магнита*
- 2.8 Лабораторная работа № ЛР-8 *Определение длины волны света с помощью дифракционной решетки*
- 2.9 Лабораторная работа № ЛР-9 *Исследование законов внешнего фотоэффекта*

### 3. Методические материалы по проведению практических занятий

- 3.1 Практическое занятие № ПЗ-1 *Физические величины, их измерение и оценка погрешностей*
- 3.2 Практическое занятие № ПЗ-2 *Динамика поступательного и вращательного движения*
- 3.3 Практическое занятие № ПЗ-3 *Законы сохранения*
- 3.4 Практическое занятие № ПЗ-4 *Молекулярная физика и термодинамика*

**3.5 Практическое занятие № ПЗ-5 *Электричество и магнетизм***

**3.6 Практическое занятие № ПЗ-6 *Колебания и волны, оптика***

**3.7 Практическое занятие № ПЗ-7 *Квантовая физика***

**3.8 Практическое занятие № ПЗ-8 *Ядерная физика***

**4. Методические материалы по проведению семинарских занятий (не предусмотрено РУП)**

# 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

## 1.1 Лекция № 1 (2 часа)

**Тема:** «Введение. Предмет физики. Динамика поступательного и вращательного 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. Второй закон Ньютона.
6. Третий закон Ньютона.
7. Момент инерции, теорема Штейнера.
8. Уравнение вращения твердого тела вокруг закрепленной оси.

### 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. 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.

#### 6. 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.

#### 7. Момент инерции, теорема Штейнера.

Момент инерции — скалярная физическая величина, мера инертности во вращательном движении вокруг оси, подобно тому, как масса тела является мерой его инертности в поступательном движении. Характеризуется распределением масс в теле: момент инерции равен сумме произведений элементарных масс на квадрат их расстояний до базового множества (точки, прямой или плоскости).

Теорема Гюйгенса — Штейнера (теорема Гюйгенса, теорема Штейнера): момент инерции тела относительно произвольной неподвижной оси равен сумме момента инерции этого тела относительно параллельной ей оси, проходящей через центр масс тела, и произведения массы тела на квадрат расстояния между осями

$$J = J_o + ma^2$$

#### 8. Уравнение вращения твердого тела вокруг закрепленной оси.

Угловое ускорение твердого тела, вращающегося вокруг оси z, прямо пропорционально моменту силы относительно оси z и обратно пропорционально моменту инерции тела относительно той же оси.

$$\vec{\varepsilon} = \frac{\vec{M}}{J}$$

Если действуют несколько моментов, то  $\vec{M} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \dots + \vec{M}_n$

Основное уравнение динамики вращательного движения является аналогом второго закона Ньютона для поступательного движения.

### 1.2 Лекция № 2 (2 часа)

Тема: «Законы сохранения»

#### 1.2.1 Вопросы лекции:

1. Работа.
2. Мощность.
3. Энергия.
4. Закон сохранения энергии.
5. Импульс.
6. Закон сохранения импульса.
7. Момент импульса.
8. Закон сохранения момента импульса.

#### 1.2.2 Краткое содержание вопросов

##### 1. 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

##### 2. Мощность

Мощность – скалярная физическая величина, равная отношению совершенной работы к промежутку времени, в течение которого она была совершена.

### 3. Энергия

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

### 4. 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

### 5. 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

### 6. 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

### 7. Момент импульса

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

### 8. 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

## 1.3 Лекция № 3 (2 часа)

**Тема:** «Элементы механики 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:** «Молекулярная физика и термодинамика»

#### 1.4.1 Вопросы лекции:

1. Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ).
2. Статистические распределения.
3. Термодинамическое равновесие и температура. Нулевое начало термодинамики.
4. Первое начало термодинамики.
5. Преобразование теплоты в механическую работу.
6. Второе начало термодинамики.

#### 1.4.2 Краткое содержание вопросов

##### 1. Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ).

Молекулярно-кинетическая теория (сокращённо МКТ) — теория, возникшая в XIX веке и рассматривающая строение вещества, в основном газов, с точки зрения трёх основных приближенно верных положений:

- все тела состоят из частиц: атомов и молекул;
- частицы находятся в непрерывном хаотичном движении (тепловом);
- частицы взаимодействуют друг с другом путём абсолютно упругих столкновений.

##### 2. Статистические распределения.

Распределение Максвелла — распределение вероятности, встречающееся в физике и химии. Оно лежит в основании кинетической теории газов, которая объясняет многие фундаментальные свойства газов, включая давление и диффузию. Распределение Максвелла также применимо для электронных процессов переноса и других явлений. Распределение Максвелла применимо к множеству свойств индивидуальных молекул в газе. О нём обычно думают как о распределении энергий молекул в газе, но оно может также применяться к распределению скоростей, импульсов, и модуля импульсов молекул. Также оно может быть выражено как дискретное распределение по множеству дискретных уровней энергии, или как непрерывное распределение по некоторому континууму энергии.

Распределение Максвелла может и должно быть получено при помощи статистической механики. Как распределение энергии, оно соответствует самому вероятному распределению энергии, в системе, состоящей из большого количества невзаимодействующих частиц, в которой квантовые эффекты являются незначительными. Так как взаимодействие между молекулами в газе является обычно весьма небольшим, распределение Максвелла даёт довольно хорошее приближение ситуации, существующей в газе.

К началу двадцатого столетия мировая наука достигла достаточного уровня развития для появления реальных возможностей экспериментальной проверки теории Максвелла. Немецкий физик Отто Штерн в 1920-м году, применив метод молекулярных пучков, который был изобретен французом Луи Дюнойе в 1911-м году, сумел измерить скорость движения газовых молекул серебра. Опыт Штерна неопровержимо доказал справедливость закона распределения Максвелла. Результаты этого эксперимента подтвердили верность оценки средних скоростей атомов, которая вытекала из гипотетических предположений, сделанных Максвеллом. Правда, о самом характере скоростной градации опыт Штерна смог дать только весьма приблизительные сведения. Более подробной информации науке пришлось ждать еще девять лет.

С большей точностью закон распределения удалось проверить Ламмерту в 1929-м году, несколько усовершенствовавшему опыт Штерна путем пропускания молекулярного пучка сквозь пару вращающихся дисков, имевших радиальные отверстия и смещенных относительно друг друга на определенный угол. Изменяя скорость вращения агрегата и угол между отверстиями, Ламмерт смог выделить из пучка отдельные молекулы, которые обладают различными скоростными показателями. Но именно опыт Штерна положил начало экспериментальным изысканиям в области молекулярно-кинетической теории.

##### 3. Термодинамическое равновесие и температура. Нулевое начало термодинамики.

Термодинамическое равновесие — состояние системы, при котором остаются неизменными по времени макроскопические величины этой системы (температура, давление, объём, энтропия) в условиях

изолированности от окружающей среды. В общем, эти величины не являются постоянными, они лишь флуктуируют (колеблются) возле своих средних значений. Если равновесной системе соответствует несколько состояний, в каждом из которых система может находиться неопределенно долго, то о системе говорят, что она находится в метастабильном равновесии. В состоянии равновесия в системе отсутствуют потоки материи или энергии, неравновесные потенциалы (или движущие силы), изменения количества присутствующих фаз. Отличают тепловое, механическое, радиационное (лучистое) и химическое равновесия. На практике условие изолированности означает, что процессы установления равновесия протекают гораздо быстрее, чем происходят изменения на границах системы (то есть изменения внешних по отношению к системе условий), и осуществляется обмен системы с окружением веществом и энергией. Иными словами, термодинамическое равновесие достигается, если скорость релаксационных процессов достаточно велика (как правило, это характерно для высокотемпературных процессов) либо велико время для достижения равновесия (этот случай имеет место в геологических процессах).

В реальных процессах часто реализуется неполное равновесие, однако степень этой неполноты может быть существенной и несущественной. При этом возможны три варианта:

- равновесие достигается в какой-либо части (или частях) относительно большой по размерам системы — локальное равновесие,
- неполное равновесие достигается вследствие разности скоростей релаксационных процессов, протекающих в системе — частичное равновесие,
- имеют место как локальное, так и частичное равновесие.

В неравновесных системах происходят изменения потоков материи или энергии, или, например, фаз.

#### 4. Первое начало термодинамики.

Первое начало термодинамики — один из трёх основных законов термодинамики, представляет собой закон сохранения энергии для термодинамических систем.

Первое начало термодинамики было сформулировано в середине XIX века в результате работ немецкого учёного Ю. Р. Майера, английского физика Дж. П. Джоуля и немецкого физика Г. Гельмгольца. Согласно первому началу термодинамики, термодинамическая система может совершать работу только за счёт своей внутренней энергии или каких-либо внешних источников энергии. Первое начало термодинамики часто формулируют как невозможность существования вечного двигателя первого рода, который совершал бы работу, не черпая энергию из какого-либо источника.

#### 5. Преобразование теплоты в механическую работу

Преобразование теплоты в механическую энергию в теплосиловых установках основано на способности газо- или парообразного тела совершать механическую работу при изменении его объёма. При этом рабочее тело (газ или пар) должно совершить замкнутую последовательность термодинамических процессов (цикл). В результате такого цикла от одного или нескольких источников теплоты отбирается определённое количество теплоты  $Q_1$  и одному или нескольким охладителям отдаётся количество теплоты  $Q_2$ , меньшее, чем  $Q_1$ , при этом разность  $Q_1 - Q_2$  превращается в механическую работу.

#### 6. Второе начало термодинамики.

Второе начало термодинамики — физический принцип, накладывающий ограничение на направление процессов, которые могут происходить в термодинамических системах.

Второе начало термодинамики запрещает так называемые вечные двигатели второго рода, показывая, что коэффициент полезного действия не может равняться единице, поскольку для кругового процесса температура холодильника не может равняться абсолютному нулю (невозможно построить замкнутый цикл, проходящий через точку с нулевой температурой).

Второе начало термодинамики является постулатом, не доказываемым в рамках классической термодинамики. Оно было создано на основе обобщения опытных фактов и получило многочисленные экспериментальные подтверждения.

Существуют несколько эквивалентных формулировок второго закона термодинамики:

- постулат Клаузиуса: «Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого является передача теплоты от менее нагретого тела к более нагретому»;
- постулат Томсона: «Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого было бы производство работы за счёт охлаждения теплового резервуара».

Энтропия — широко используемый в естественных и точных науках термин. Впервые введён в рамках термодинамики как функция состояния термодинамической системы, определяющая меру необратимого рассеивания энергии. В статистической физике энтропия является мерой вероятности осуществления какого-либо макроскопического состояния. Кроме физики, термин широко употребляется в математике: теории информации и математической статистике. Энтропия может интерпретироваться как мера неопределённости (неупорядоченности) некоторой системы (например, какого-либо опыта (испытания), который может иметь разные исходы, а значит, и количество информации). В широком смысле, в каком слово часто употребляется в быту, энтропия означает меру неупорядоченности системы; чем меньше элементы системы подчинены какому-либо порядку, тем выше энтропия.

### 1.5 Лекция 5 (Л-5) (2 часа)

**Тема:** «Электричество и магнетизм»

#### 1.5.1 Вопросы лекции:



1. Электрический заряд, его свойства.
2. Закон Кулона.
3. Электрический ток. Закон Ома.
4. Магнитное поле.
5. Электромагнитная индукция.

### 1.5.2 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 закон 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  $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

- 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.

#### 3. Электрический ток. Закон Ома.

Электрический ток — направленное движение электрических зарядов.

Сила тока — физическая величина, равная отношению количества заряда, прошедшего через некоторую поверхность за время, к величине этого промежутка времени.

Плотность тока — векторная физическая величина, имеющая смысл силы тока, протекающего через элемент поверхности единичной площади.

Закон Ома — эмпирический физический закон, определяющий связь электродвижущей силы источника или электрического напряжения с силой тока и сопротивлением проводника, установлен в 1826 году, и назван в честь его первооткрывателя Георга Ома.

#### 4. Магнитное поле.

Опыт показывает, что, подобно тому, как в пространстве, окружающем электрические заряды, возникает электростатическое поле, так в пространстве, окружающем токи и постоянные магниты, возникает силовое поле, называемое магнитным. Наличие магнитного поля обнаруживается по силовому действию на внесенные в него проводники с током или постоянные магниты. Особенности магнитного поля: действие только на движущиеся заряды. Опыт показывает, что характер воздействия магнитного поля на ток различен в зависимости от формы проводника, по которому течет ток, от расположения проводника и от направления тока. Следовательно, чтобы охарактеризовать магнитное поле, надо рассмотреть его действие на определенный ток. Подобно тому, как при исследовании электростатического поля использовались точечные заряды, при исследовании магнитного поля используется замкнутый плоский контур с током (рамка с током), размеры которого малы по сравнению с расстоянием до токов, образующих магнитное поле. Ориентация контура в пространстве характеризуется направлением нормали к контуру. В качестве положительного направления нормали принимается направление, связанное с током правилом правого винта, т. е. за положительное направление нормали принимается направление поступательного движения винта, головка которого вращается в направлении тока, текущего в рамке.

Опыты показывают, что магнитное поле оказывает на рамку с током ориентирующее действие, поворачивая ее определенным образом. Этот результат связывается с определенным направлением магнитного поля. За направление магнитного поля в данной точке принимается направление, вдоль которого располагается положительная нормаль к рамке. За направление магнитного поля может быть также принято направление, совпадающее с направлением силы, которая действует на северный полюс магнитной стрелки, помещенной в данную точку. Так как оба полюса магнитной стрелки лежат в близких точках поля, то силы, действующие на оба полюса, равны друг другу. Следовательно, на магнитную стрелку действует пара сил, поворачивающая ее так, чтобы ось стрелки, соединяющая южный полюс с северным, совпадала с направлением поля. Рамкой с током можно воспользоваться также и для количественного описания магнитного поля. Так как рамка с током испытывает ориентирующее действие поля, то на нее в магнитном поле действует пара сил.

#### 5. Электромагнитная индукция.

Электромагнитная индукция — явление возникновения электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, проходящего через него. Электромагнитная индукция была открыта Майклом Фарадеем 29 августа 1831 года. Он обнаружил, что электродвижущая сила, возникающая в замкнутом проводящем контуре, пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром. Величина электродвижущей силы (ЭДС) не зависит от того, что является причиной изменения потока — изменение самого магнитного поля или движение контура (или его части) в магнитном поле. Электрический ток, вызванный этой ЭДС, называется индукционным током.

## 1.6 Лекция 6 (Л-6)

**Тема:** «Колебания и волны, оптика»

### 1.6.1 Вопросы лекции:

1. Свободные колебания.
2. Вынужденные колебания.
3. Волновое движение.
4. Интерференция.
5. Дифракция.
6. Поляризация.
7. Дисперсия.

### 1.6.2 Краткое содержание вопросов

#### 1. Свободные колебания.

Гармонический осциллятор - система, которая при смещении из положения равновесия испытывает действие возвращающей силы  $F$ , пропорциональной смещению  $x$ .

Если  $F$  — единственная сила, действующая на систему, то систему называют простым или консервативным гармоническим осциллятором. Свободные колебания такой системы представляют собой периодическое движение около положения равновесия (гармонические колебания). Частота и амплитуда при этом постоянны, причём частота не зависит от амплитуды.

$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$ . Это дифференциальное уравнение описывает поведение консервативного гармонического осциллятора. Коэффициент  $\omega_0$  называют циклической частотой осциллятора. (имеется в виду круговая частота, измеряющаяся в радианах в секунду. Чтобы перевести её в частоту, выражающуюся в Герцах, надо разделить круговую частоту на  $2\pi$ )

Решение этого уравнения имеет вид:  $x(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$ .

Здесь  $A$  — амплитуда,  $\omega$  — частота колебаний,  $\varphi$  — начальная фаза.

Амплитуда — максимальное значение смещения или изменения переменной величины от среднего значения при колебательном или волновом движении. Неотрицательная скалярная величина, размерность которой совпадает с размерностью определяемой физической величины.

Частота — физическая величина, характеристика периодического процесса, равна количеству повторений или возникновения событий (процессов) в единицу времени. Рассчитывается, как отношение количества повторений или возникновения событий (процессов) к промежутку времени, за которое они совершены.

Фаза колебаний — аргумент периодической функции, описывающей колебательный или волновой процесс.

При гармонических колебаниях любых физических систем непрерывно и периодически происходит превращение кинетической энергии в потенциальную и обратно.

Например, при колебаниях физического или математического маятников в крайних положениях потенциальная энергия максимальна, а при прохождении положения равновесия максимальна кинетическая энергия.

Затуханием колебаний называется постепенное ослабление колебаний с течением времени, обусловленное потерей энергии колебательной системы. Свободные колебания реальных систем всегда затухают. Затухание свободных механических колебаний вызывается главным образом трением и возбуждением в окружающей среде упругих волн. Закон затухания колебаний зависит от свойств колебательной системы.

#### 2. Вынужденные колебания.

Вынужденные колебания — колебания, происходящие под воздействием внешних периодических сил

#### 3. Волновое движение.

Волновой процесс (волна) — это процесс распространения колебаний в сплошной среде.

#### 4. Интерференция.

Если в некоторой однородной и изотропной среде два точечных источника возбуждают сферические волны, то в произвольной точке пространства может происходить наложение волн в соответствии с принципом суперпозиции (наложения): каждая точка среды, куда приходят две или несколько волн, принимает участие в колебаниях, вызванных каждой волной в отдельности. Таким образом волны не взаимодействуют друг с другом и распространяются независимо друг от друга.

Интерференция волн — взаимное увеличение или уменьшение результирующей амплитуды двух или нескольких когерентных волн при их наложении друг на друга. Она сопровождается чередованием максимумов (пучностей) и минимумов (узлов) интенсивности в пространстве. Результат интерференции (интерференционная картина) зависит от разности фаз накладывающихся волн.

Интерферировать могут все волны, однако устойчивая интерференционная картина будет наблюдаться только в том случае, если волны имеют одинаковую частоту и колебания в них не ортогональны. Интерференция может быть стационарной и нестационарной. Стационарную интерференционную картину могут давать только полностью когерентные волны. Например, две сферические волны на поверхности воды, распространяющиеся от двух когерентных точечных источников, при интерференции дадут результирующую волну, фронтом которой будет сфера.

При интерференции энергия волн перераспределяется в пространстве. Это не противоречит закону сохранения энергии потому, что в среднем, для большой области пространства, энергия результирующей волны равна сумме энергий интерферирующих волн.

#### 5. Дифракция.

Дифракция волн — явление, которое проявляет себя, как отклонение от законов геометрической оптики при распространении волн. Она представляет собой универсальное волновое явление и характеризуется одними и теми же законами при наблюдении волновых полей разной природы.

Так, именно явлением дифракции задаётся предел разрешающей способности любого оптического прибора, создающего изображение, который невозможно преступить принципиально при заданной ширине спектра излучения, используемого для построения изображения.

Изначально явление дифракции трактовалось как огибание волной препятствия, то есть проникновение волны в область геометрической тени. С точки зрения современной науки определение дифракции как огибания светом препятствия признается недостаточным (слишком узким) и не вполне адекватным. Так, с дифракцией связывают весьма широкий круг явлений, возникающих при распространении волн (в случае учёта их пространственного ограничения) в неоднородных средах.

Дифракция волн может проявляться:

- в преобразовании пространственной структуры волн. В одних случаях такое преобразование можно рассматривать как «огибание» волнами препятствий, в других случаях — как расширение угла распространения волновых пучков или их отклонение в определённом направлении;

- в разложении волн по их частотному спектру;

- в преобразовании поляризации волн;

- в изменении фазовой структуры волн.

Наиболее хорошо изучена дифракция электромагнитных (в частности, оптических) и акустических волн, а также гравитационно-капиллярных волн (волны на поверхности жидкости).

#### 6. Поляризация.

Поляризованным называется свет, в котором направления колебаний светового вектора упорядочены каким-либо образом. В естественном свете колебания различных направлений быстро и беспорядочно сменяют друг друга.

Плоскополяризованный свет можно получить из естественного с помощью поляризаторов. Это приборы, которые свободно пропускают колебания, параллельные плоскости поляризатора, и полностью или частично задерживают колебания, перпендикулярные его плоскости. Поляризатор, частично задерживающий перпендикулярные к его плоскости колебания, называют несовершенным. При выходе из такого поляризатора колебания одного направления преобладают над колебаниями других направлений в световой волне. Такой свет называют частично поляризованным.

#### 7. Дисперсия.

Электромагнитные волны могут распространяться не только в пустоте, но и в различных средах. Но только в вакууме скорость распространения волн постоянна и не зависит от частоты. Во всех остальных средах скорости распространения волн различной частоты неодинаковы. Так как абсолютный показатель преломления зависит от скорости света в веществе, то экспериментально наблюдается зависимость показателя преломления от длины волны — дисперсия света.

Поглощение электромагнитного излучения — процесс потери энергии потоком электромагнитного излучения вследствие взаимодействия с веществом.

### 1.7 Лекция 7 (Л-7) (2 часа)

**Тема:** «Квантовая физика»

#### 1.7.1 Вопросы лекции:

1. Квантовые свойства электромагнитного излучения.
2. Тепловое излучение и люминесценция.
3. Спектральные характеристики теплового излучения.
4. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана и закон смещения Вина.
5. Абсолютно черное тело.
6. Формула Релея-Джинса и «ультрафиолетовая катастрофа». Гипотеза квантов. Формула Планка.

7. Квантовое объяснение законов теплового излучения.

8. Корпускулярно-волновой дуализм света.

### 1.7.2 Краткое содержание вопросов

#### 1. Квантовые свойства электромагнитного излучения

К квантовым свойствам электромагнитного излучения относятся: фотоэффект, эффект Комптона, дифракция электронов.

#### 2. Тепловое излучение и люминесценция.

Тепловое излучение — электромагнитное излучение, возникающее за счёт внутренней энергии тела. Имеет сплошной спектр, расположение 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).

#### 3. Спектральные характеристики теплового излучения.

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

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

#### 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 поглощательной 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. Абсолютно черное тело

Абсолютно чёрное тело — физическое тело, которое при любой температуре поглощает всё падающее на него электромагнитное излучение во всех диапазонах. Таким образом, для абсолютно чёрного тела поглощательная способность (отношение поглощённой энергии к энергии падающего излучения) равна 1 при излучениях всех частот, направлений распространения и поляризаций.

Несмотря на название, абсолютно чёрное тело само может испускать электромагнитное излучение любой частоты и визуально иметь цвет. Спектр излучения абсолютно чёрного тела определяется только его температурой.

#### 6. Формула Рэлея-Джинса и «ультрафиолетовая катастрофа». Гипотеза квантов. Формул Планка

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.

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

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

для плотности энергии излучения. 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:

$$\epsilon = \hbar \omega$$

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 приблизительные 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 макрочастиц 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.

## 1.8 Лекция 8 (Л-8) (2 часа)

Тема: «Ядерная физика»

### 1.8.1 Вопросы лекции:

1. Состав атомного ядра.
2. Характеристики ядра: заряд, масса, энергия связи нуклонов.
3. Радиоактивность. Виды и законы радиоактивного излучения. Ядерные реакции. Деление ядер. Синтез ядер.
4. Детектирование ядерных излучений. Понятие о дозиметрии и защите.

### 1.8.2 Краткое содержание вопросов

#### 1. Состав атомного ядра.

Атомное ядро — центральная часть атома, в которой сосредоточена основная его масса (более 99,9 %). Ядро заряжено положительно, заряд ядра определяет химический элемент, к которому относят атом. Размеры ядер различных атомов составляют несколько фемтометров, что более чем в 10 тысяч раз меньше размеров самого атома.

Атомное ядро состоит из нуклонов — положительно заряженных протонов и нейтральных нейтронов, которые связаны между собой при помощи сильного взаимодействия. Протон и нейтрон обладают собственным моментом количества движения (спином), равным  $\hbar/2 = \hbar/4\pi$  и связанным с ним магнитным моментом. Единственный стабильный атом, не содержащий нейтронов в ядре — лёгкий водород (протий).

Атомное ядро, рассматриваемое как класс частиц с определённым числом протонов и нейтронов, принято называть нуклидом.

В некоторых редких случаях могут образовываться короткоживущие экзотические атомы у которых вместо нуклона ядром служат иные частицы.

Количество протонов в ядре называется его зарядовым числом  $Z$  — это число равно порядковому номеру элемента, к которому относится атом, в таблице Менделеева. Количество протонов в ядре определяет структуру электронной оболочки нейтрального атома и, таким образом, химические свойства соответствующего элемента. Количество нейтронов в ядре называется его изотопическим числом  $N$ . Ядра с одинаковым числом протонов и разным числом нейтронов называются изотопами. Ядра с одинаковым числом нейтронов, но разным числом протонов — называются изотонами. Термины изотоп и изотон используются также применительно к атомам, содержащим указанные ядра, а также для характеристики нехимических разновидностей одного химического элемента. Полное количество нуклонов в ядре называется его массовым числом  $A$  ( $A = N + Z$ ) и приблизительно равно средней массе атома, указанной в таблице Менделеева. Нуклиды с одинаковым массовым числом, но разным протон-нейтронным составом принято называть изобарами.

Как и любая квантовая система, ядра могут находиться в метастабильном возбуждённом состоянии, причём в отдельных случаях время жизни такого состояния исчисляется годами. Такие возбуждённые состояния ядер называются ядерными изомерами.

#### 2. Характеристики ядра: заряд, масса, энергия связи нуклонов.

Число протонов в ядре  $Z$  определяет непосредственно его электрический заряд, у изотопов одинаковое количество протонов, но разное количество нейтронов. Ядерные свойства изотопов элемента в отличие от химических, могут различаться чрезвычайно резко[1].

Впервые заряды атомных ядер определил Генри Мозли в 1913 году. Свои экспериментальные наблюдения учёный интерпретировал зависимостью длины волны рентгеновского излучения от некоторой константы  $Z$ , изменяющейся на единицу от элемента к элементу и равной единице для водорода:

$$\sqrt{1/\lambda} = aZ - b, \text{ где } a \text{ и } b — \text{постоянные.}$$

Из чего Мозли сделал вывод, что найденная в его опытах константа атома, определяющая длину волны характеристического рентгеновского излучения и совпадающая с порядковым номером элемента, может быть только зарядом атомного ядра, что стало известно под названием закон Мозли.

Из-за разницы в числе нейтронов  $A - Z$  изотопы элемента имеют разную массу  $M(A, Z)$ , которая является важной характеристикой ядра. В ядерной физике массу ядер принято измерять в атомных единицах массы (а. е. м.), за одну а. е. м. принимают 1/12 часть массы нуклида  $^{12}\text{C}$ . Следует отметить, что стандартная масса, которая обычно приводится для нуклида — это масса нейтрального атома. Для определения массы ядра нужно из массы атома вычесть сумму масс всех электронов (более точное значение получится, если учесть ещё и энергию связи электронов с ядром).

Анализ распада тяжёлых ядер уточнил оценку Резерфорда и связал радиус ядра с массовым числом простым соотношением:

$$R = r_0 A^{1/3}, \text{ где } r_0 — \text{константа.}$$

Так как радиус ядра не является чисто геометрической характеристикой и связан прежде всего с радиусом действия ядерных сил, то значение  $r_0$  зависит от процесса, при анализе которого получено значение  $R$ , усреднённое значение  $r_0 = 1,23 \cdot 10^{-15}$  м.

Как и составляющие его нуклоны, ядро имеет собственные моменты.

Поскольку нуклоны обладают собственным механическим моментом, или спином, равным  $1/2$ , то и ядра должны иметь механические моменты. Кроме того, нуклоны участвуют в ядре в орбитальном движении, которое также характеризуется определённым моментом количества движения каждого нуклона. Орбитальные моменты принимают только целочисленные значения  $\hbar$  (постоянная Дирака). Все механические моменты нуклонов, как спины, так и орбитальные, суммируются алгебраически и составляют спин ядра.

Несмотря на то, что число нуклонов в ядре может быть очень велико, спины ядер обычно невелики и составляют не более нескольких  $\hbar$ , что объясняется особенностью взаимодействия одноимённых нуклонов. Все парные протоны и нейтроны взаимодействуют только так, что их спины взаимно компенсируются, то есть пары всегда взаимодействуют с антипараллельными спинами. Суммарный орбитальный момент пары также всегда равен нулю. В результате ядра, состоящие из чётного числа протонов и чётного числа нейтронов, не имеют механического момента. Отличные от нуля спины существуют только у ядер, имеющих в своём составе непарные нуклоны, спин такого нуклона суммируется с его же орбитальным моментом и имеет какое-либо полуцелое значение:  $1/2, 3/2, 5/2$ . Ядра нечётно-нечётного состава имеют целочисленные спины: 1, 2, 3 и т. д.

Измерения спинов стали возможными благодаря наличию непосредственно связанных с ними магнитных моментов. Они измеряются в магнетонах и у различных ядер равны от  $-2$  до  $+5$  ядерных магнетонов. Из-за относительно большой массы нуклонов магнитные моменты ядер очень малы по сравнению с магнитными моментами электронов, поэтому их измерение гораздо сложнее. Как и спины, магнитные моменты измеряются спектроскопическими методами, наиболее точным является метод ядерного магнитного резонанса.

Магнитный момент чётно-нечётных пар, как и спин, равен нулю. Магнитные моменты ядер с непарными нуклонами образуются собственными моментами этих нуклонов и моментом, связанным с орбитальным движением непарного протона.

Большая энергия связи нуклонов, входящих в ядро, говорит о существовании ядерных сил, поскольку известные гравитационные силы слишком малы, чтобы преодолеть взаимное электростатическое отталкивание протонов в ядре. Связь нуклонов осуществляется чрезвычайно короткоживущими силами, которые возникают вследствие непрерывного обмена частицами, называемыми пи-мезонами, между нуклонами в ядре.

Экспериментально было обнаружено, что для всех стабильных ядер масса ядра меньше суммы масс составляющих его нуклонов, взятых по отдельности. Эта разница называется дефектом массы или избытком массы и определяется соотношением:

$$\Delta M(Z, A) = Zm_p + (A - Z)m_n - M(Z, A),$$

где  $m_p$  и  $m_n$  — массы свободного протона и нейтрона,  $M(Z, A)$  — масса ядра.

Согласно принципу эквивалентности массы и энергии дефект массы представляет собой массу, эквивалентную работе, затраченной ядерными силами, чтобы собрать все нуклоны вместе при образовании ядра. Эта величина равна изменению потенциальной энергии нуклонов в результате их объединения в ядро.

Энергия, эквивалентная дефекту массы, называется энергией связи ядра и равна:

$$E_c = (Zm_p + (A - Z)m_n - M(Z, A))c^2,$$

где  $c$  — скорость света в вакууме.

Другим важным параметром ядра является энергия связи, приходящаяся на один нуклон ядра, которую можно вычислить, разделив энергию связи ядра на число содержащихся в нём нуклонов:

$$\varepsilon = \frac{E_c}{A}$$

Эта величина представляет собой среднюю энергию, которую нужно затратить, чтобы удалить один нуклон из ядра, или среднее изменение энергии связи ядра, когда свободный протон или нейтрон поглощается в нём.

3. Радиоактивность. Виды и законы радиоактивного излучения. Ядерные реакции. Деление ядер. Синтез ядер.

Радиоактивный распад — спонтанное изменение состава (заряда  $Z$ , массового числа  $A$ ) или внутреннего строения нестабильных атомных ядер путём испускания элементарных частиц, гамма-квантов и/или ядерных фрагментов. Процесс радиоактивного распада также называют радиоактивностью, а соответствующие ядра (нуклиды, изотопы и химические элементы) радиоактивными. Радиоактивными называют также вещества, содержащие радиоактивные ядра.

Установлено, что радиоактивны все химические элементы с порядковым номером, большим 82 (то есть начиная с висмута), и некоторые более лёгкие элементы (прометий и технеций не имеют стабильных изотопов, а у некоторых элементов, например индия, калия, рубидия или кальция, одни природные изотопы стабильны, другие же радиоактивны).

Естественная радиоактивность — самопроизвольный распад атомных ядер, встречающихся в природе.

Искусственная радиоактивность — самопроизвольный распад атомных ядер, полученных искусственным путем через соответствующие ядерные реакции.

Ядро, испытывающее радиоактивный распад, и ядро, возникающее в результате этого распада, называют соответственно материнским и дочерним ядрами. Изменение массового числа и заряда дочернего ядра по отношению к материнскому описывается правилом смещения Содди.

Распад, сопровождающийся испусканием альфа-частиц, назвали альфа-распадом; распад, сопровождающийся испусканием бета-частиц, был назван бета-распадом (в настоящее время известно, что существуют типы бета-распада без испускания бета-частиц, однако бета-распад всегда сопровождается испусканием нейтрино или антинейтрино). Термин «гамма-распад» применяется редко; испускание ядром гамма-квантов называют обычно изомерным переходом. Гамма-излучение часто сопровождает другие типы распада, когда в результате первого этапа распада возникает дочернее ядро в возбуждённом состоянии, затем испытывающее переход в основное состояние с испусканием гамма-квантов.

Энергетические спектры  $\alpha$ -частиц и  $\gamma$ -квантов, излучаемых радиоактивными ядрами, прерывистые («дискретные»), а спектр  $\beta$ -частиц — непрерывный.

В настоящее время, кроме альфа-, бета- и гамма-распадов, обнаружены распады с испусканием нейтрона, протона (а также двух протонов), кластерная радиоактивность, спонтанное деление. Электронный захват, позитронный распад (или  $\beta^+$ -распад), а также двойной бета-распад (и его виды) обычно считаются различными типами бета-распада.

Закон радиоактивного распада — закон, открытый Фредериком Содди и Эрнестом Резерфордом экспериментальным путём и сформулированный в 1903 году. Современная формулировка закона:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N,$$

что означает, что число распадов за интервал времени  $t$  в произвольном веществе пропорционально числу  $N$  имеющихся в образце радиоактивных атомов данного типа.

В этом математическом выражении  $\lambda$  — постоянная распада, которая характеризует вероятность радиоактивного распада за единицу времени и имеет размерность  $s^{-1}$ . Знак минус указывает на убыль числа радиоактивных ядер со временем. Закон выражает независимость распада радиоактивных ядер друг от друга и от времени: вероятность распада данного ядра в каждую следующую единицу времени не зависит от времени, прошедшего с начала эксперимента, и от количества ядер, оставшихся в образце.

Этот закон считается основным законом радиоактивности, из него было извлечено несколько важных следствий, среди которых формулировки характеристик распада — среднее время жизни атома и период полураспада.

Константа распада радиоактивного ядра в большинстве случаев практически не зависит от окружающих условий (температуры, давления, химического состава вещества и т. п.). Например, твёрдый тритий T2 при температуре в несколько кельвинов распадается с той же скоростью, что и газообразный тритий при комнатной температуре или при температуре в тысячи кельвинов; тритий в составе молекулы T2 распадается с той же скоростью, что и в составе тритированного валина. Слабые изменения константы распада в лабораторных условиях обнаружены лишь для электронного захвата — доступные в лаборатории температуры и давления, а также изменение химического состава способны несколько изменять плотность электронного облака в окружении ядра, что приводит к изменению скорости распада на доли процента. Однако в достаточно жёстких условиях (высокая ионизация атома, высокая плотность электронов, высокий химический потенциал нейтрино, сильные магнитные поля), труднодостижимых в лаборатории, но реализующихся, например, в ядрах звёзд, другие типы распадов тоже могут изменять свою вероятность.

Постоянство константы радиоактивного распада позволяет измерять возраст различных природных и искусственных объектов по распаду входящих в их состав радиоактивных ядер и накоплению продуктов распада. Разработан ряд методов радиоизотопного датирования, позволяющих измерять возраст объектов в диапазоне от единиц до миллиардов лет; среди них наиболее известны радиоуглеродный метод, уран-свинцовый метод, уран-гелиевый метод, калий-аргоновый метод и др.

Ядерная реакция — это процесс взаимодействия атомного ядра с другим ядром или элементарной частицей, сопровождающийся изменением состава и структуры ядра. Последствием взаимодействия может стать деление ядра, испускание элементарных частиц или фотонов. Кинетическая энергия вновь образованных частиц может быть гораздо выше первоначальной, при этом говорят о выделении энергии ядерной реакцией.

Впервые ядерную реакцию наблюдал Резерфорд в 1919 году, бомбардируя  $\alpha$ -частицами ядра атомов азота, она была зафиксирована по появлению вторичных ионизирующих частиц, имеющих пробег в газе



больше пробега  $\alpha$ -частиц и идентифицированных как протоны. Впоследствии с помощью камеры Вильсона были получены фотографии этого процесса.

По механизму взаимодействия ядерные реакции делятся на два вида:

- реакции с образованием составного ядра, это двухстадийный процесс, протекающий при не очень большой кинетической энергии сталкивающихся частиц (примерно до 10 МэВ).

- прямые ядерные реакции, проходящие за ядерное время, необходимое для того, чтобы частица пересекла ядро. Главным образом такой механизм проявляется при больших энергиях бомбардирующих частиц.

Если после столкновения сохраняются исходные ядра и частицы и не рождаются новые, то реакция является упругим рассеянием в поле ядерных сил, сопровождается только перераспределением кинетической энергии и импульса частицы и ядра-мишени и называется потенциальным рассеянием.

Ядерная реакция деления — процесс расщепления атомного ядра на два (реже три) ядра с близкими массами, называемых осколками деления.

Ядерная реакция синтеза – процесс образования более крупного ядра из более мелких частиц.

#### 4. Детектирование ядерных излучений. Понятие о дозиметрии и защите.

Детектирование любого вида излучения сводится в итоге к детектированию заряженных частиц и основано на регистрации эффектов, вызываемых заряженной частицей при ее прохождении через вещество, проявляющихся вблизи траектории частицы и в начальный момент локализованных в области, размеры которой соизмеримы с межатомными расстояниями. Эффекты, которые можно регистрировать, разделяются на две группы: первая — это ионизация и возбуждение вещества в треке частицы, вторая — это излучения различной природы (излучение Вавилова — Черенкова, звук, тормозное излучение и т. п.), генерируемые частицей и выходящие из трека и, возможно, из объема детектора.

Дозиметрия - область прикладной физики, в которой изучаются физические величины, характеризующие действие ионизирующих излучений на объекты живой и неживой природы, в частности дозы излучения, а также методы и приборы для измерения этих величин.

Развитие дозиметрии. первоначально определялось необходимостью защиты человека от ионизирующих излучений. Вскоре после открытия рентгеновских лучей были замечены биологические эффекты, возникающие при облучении человека. Появилась необходимость в количественной оценке степени радиационной опасности. В качестве основного количественного критерия была принята экспозиционная доза, измеряемая в Рентгенах и определяемая по величине ионизации воздуха.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ 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  $\varepsilon = \frac{\langle \Delta h \rangle}{\langle h \rangle}$  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  $\varepsilon$  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  $\Delta v$  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:** «Определение момента инерции диска»

**2.2.1 Цель работы:** определить момент инерции диска

**2.2.2 Задачи работы:**

1. Изучить закономерности поступательного и вращательного движений
2. Экспериментально проверить справедливость закона сохранения энергии

**2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Установка для проведения эксперимента
2. Набор грузов
3. Секундомер
4. Штангенциркуль

**2.2.4 Описание (ход) работы:**

1. Определить с помощью штангенциркуля радиус вала.
2. Поднять груз до верхней метки, отпустить его и одновременно включить секундомер.
3. Отсчитать время опускания груза  $t$  и расстояние  $h_1$ .
4. Отметить положение груза после подъема и измерить  $h_2$ .
5. Подсчитать момент инерции диска.
6. Изменить  $h_1$  и снова произвести измерения и вычисления. Опыт произвести не менее трех раз. Определить  $J_{\text{ср}}$ .

7. Момент инерции сплошного диска определить по формуле:  $J' = \frac{MR^2}{2}$ , где М - масса диска (указана на диске), R – радиус диска (определить с помощью штангенциркуля). Сравнить значения  $J_{\text{ср}}$  и  $J'$ .
8. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.
9. Найти абсолютную и относительную погрешности вычисления момента инерции диска.

### **2.3 Лабораторная работа № 3 (2 часа).**

**Тема:** «Изучение законов свободных колебаний упруго деформированного тела»

**2.3.1 Цель работы:** изучение законов свободных колебаний упруго деформированного тела

#### **2.3.2 Задачи работы:**

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

#### **2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

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

#### **2.3.4 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  $k_{\text{ср}}$ .

**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.

#### **2.4 Лабораторная работа № 4 (2 часа).**

**Тема:** «Определение коэффициента вязкости жидкостей методом Стокса»

**2.4.1 Цель работы:** определить коэффициент вязкости жидкости

**2.4.2 Задачи работы:**

1. Изучить закономерности различных режимов течения жидкости
2. Проработать методику экспериментального определения вязкости веществ

**2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Прибор Стокса
2. Ареометр
3. Пипетка
4. исследуемая жидкость (масло)

**2.4.4 Описание (ход) работы:**

Расстояние между метками **М** **Н** делают не менее **0,3 м**. Секундомер включается и выключается в момент прохождения шариком верхней и нижней меток.

Опыт повторяют не менее трех раз при одинаковом расстоянии между метками. Плотность воды и плотность масла находят ареометром, а затем сравнивают со значениями в справочнике.

По данным опыта вычисляют коэффициент вязкости  $\eta$ .

Результаты измерений и вычислений занести в таблицу. Сформулировать вывод по данной работе.

#### **2.5 Лабораторная работа № 5 (2 часа).**

**Тема:** «Определение влажности воздуха психрометром»

**2.5.1 Цель работы:** определить влажность воздуха

**2.5.2 Задачи работы:**

1. Изучить закономерности процесса испарения жидкостей
2. Изучить методику экспериментального определения влажности воздуха

**2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Психрометр

**2.5.4 Описание (ход) работы:**

1. Снять показания с сухого термометра  $T_1$ . Конец термометра, обмотанного ватой, смачивают водой. После установления термодинамического равновесия (**5-7 минут**) снять показания с термометра  $T_2$ .

2. Результаты измерений и вычислений заносят в таблицу:

3. Определить по вашим данным  $T_1$  и  $T_2$  относительную влажность воздуха и сравнить с вычисленной ранее.

#### **2.6 Лабораторная работа № 6 (2 часа).**

**Тема:** «Последовательное и параллельное соединение проводников»

**2.6.1 Цель работы:** изучить закономерности различных видов соединения проводников

**2.6.2 Задачи работы:**

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

### 2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

### 2.6.4 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  $U_o = U_1 + U_2 + U_3$ ,  $I_o = I_1 + I_2 + I_3$

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

5. Составить отчет по работе и сделать выводы.

### 2.7 Лабораторная работа № 7 (2 часа).

**Тема:** «Измерение индукции магнитного поля постоянного магнита»

**2.7.1 Цель работы:** определить значение индукции магнитного поля постоянного магнита

#### 2.7.2 Задачи работы:

1. Изучить магнитное поле и его характеристики

2. Рассмотреть методику экспериментального определения значения индукции магнитных полей

### **2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Магнит
2. Катушка
3. Гальванометр
4. Линейка

### **2.7.4 Описание (ход) работы:**

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений.
2. Измерьте диаметр  $D$  катушки, вычислите площадь  $S$  ее поперечного сечения и сосчитайте число  $N$  витков в ней. Запишите указанное сопротивление  $R$ .
3. Присоедините выводы катушки к зажимам гальванометра. Введите катушку в магнитное поле постоянного магнита, расположив её плоскость перпендикулярно линиям индукции магнитного поля.
4. Быстро удалите магнит и заметьте число делений  $n$ , на которое отклоняется стрелка гальванометра по шкале. Повторите опыт ещё четыре раза.
5. Используя измеренные значения  $\Delta q$  и известные значения  $S$ ,  $N$ ,  $R$  по формуле вычислите индукцию  $B$  магнитного поля постоянного магнита для каждого опыта.
6. Определите среднее значение магнитной индукции  $B_{cp}$ . Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.
7. Вычислите абсолютную и относительную погрешности измерений магнитной индукции  $B$ .
8. Сделайте вывод о проделанной работе.

### **2.8 Лабораторная работа № 8 (2 часа).**

**Тема:** «Определение длины волны света с помощью дифракционной решетки»

#### **2.8.1 Цель работы:** определить длину волны света

#### **2.8.2 Задачи работы:**

1. Рассмотреть явление дифракции волн на дифракционной решетке
2. Изучить методику экспериментального определения длин волн

электромагнитного излучения

### **2.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Дифракционная решетка
2. Линейка
3. Щиток с миллиметровой шкалой и лампочкой
4. Подсветка шкалы

### **2.8.4 Описание (ход) работы:**

Поместив дифракционную решетку в рамку, включите свет и, установив щиток с миллиметровой шкалой на 300-400 мм, смотрите на свет лампы через дифракционную решетку.

В зависимости от числа штрихов на дифракционной решетке, на щитке можно видеть 2 или 3 пары дифракционных спектров.

Если спектры располагаются не параллельно шкале, то следует слегка повернуть рамку с решеткой. В данной работе определяют длины световых волн фиолетовых и красных лучей на грани их видимости. Для этого отсчитывают по шкале в первых спектрах, расположенных по обе стороны от окна, расстояние от середины до крайних фиолетовых и красных лучей. Если полученные значения у левого спектра отличны от соответственных значений у правого, то находят средние значения как для фиолетовых, так и для красных лучей. Затем, по шкале на рейке определяют расстояние от щитка до дифракционной решетки, которая расположена на нулевом делении шкалы.

По уравнению дифракционной решетки  $\sin \varphi = K \lambda$ , где  $\lambda$  - длина искомой волны,  $K$  - порядок спектра и  $d$  - постоянная дифракционной решетки, равная 0,01мм (или 0,02мм), (см. надпись на дифракционной решетке), определяет  $\lambda = \frac{d}{K} \sin \varphi$  или  $\lambda = \frac{d \cdot a}{K \cdot \ell}$  Для

получения более точных результатов необходимо брать возможно больше  $k$ .

Рассчитывают  $\lambda_k$  для красных и  $\lambda_\phi$  для фиолетовых лучей. По результатам наблюдений составляют таблицу:

Рассчитать  $\lambda_{\text{ср к}}$  и  $\lambda_{\text{ср ф}}$ .

### **2.9 Лабораторная работа № 9 (2 часа).**

**Тема:** «Исследование законов внешнего фотоэффекта»

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

#### **2.9.2 Задачи работы:**

1. Ознакомиться с компьютерной моделью фотоэффекта
2. Изучить закономерности фотоэффекта

#### **2.9.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Компьютер с программным обеспечением, необходимым для выполнения работы

#### **2.9.4 Описание (ход) работы:**

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

## **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

### **ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

#### **2.1 Практическое занятие № 1 (2 часа).**

**Тема:** «Физические величины, их измерение и оценка погрешностей»

##### **2.1.1 Задание для работы:**

1. Физика в системе естественных наук.
2. Общая структура и задачи дисциплины «Физика».
3. Краткая история физических идей, концепций и открытий.
4. Классическая и неклассическая физика.
5. Физика и научно-технический прогресс.
6. Экспериментальная и теоретическая физика.
7. Физические величины, измерение физических величин.
8. Погрешность измерений. Систематические и случайные погрешности.
9. Абсолютная и относительная погрешность. Погрешности косвенных измерений.
10. Системы единиц физических величин. Международная система единиц (СИ).

### **2.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

### **2.1.3 Результаты и выводы:**

Усвоено место физики в системе естественных наук. Изучен основной материал о физических величинах и их измерении.

## **2.2 Практическое занятие № 2 (2 часа).**

**Тема:** «Динамика поступательного и вращательного движения»

### **2.2.1 Задание для работы:**

1. Инерциальные системы отсчета.
2. Неинерциальные системы отсчета.
3. Первый закон Ньютона.
4. Масса.
5. Сила.
6. Второй закон Ньютона.
7. Третий закон Ньютона.
8. Момент инерции, теорема Штейнера.
9. Момент силы.
10. Уравнение вращения твердого тела вокруг закрепленной оси.

### **2.2.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

### **2.2.3 Результаты и выводы:**

Усвоены понятия, определения и законы динамики поступательного и вращательного движения.

## **2.3 Практическое занятие № 3 (2 часа).**

**Тема:** «Законы сохранения»

### **2.3.1 Задание для работы:**

1. Работа.
2. Мощность.
3. Энергия.
4. Закон сохранения энергии.
5. Импульс.
6. Закон сохранения импульса.
7. Момент импульса.
8. Закон сохранения момента импульса.

### **2.3.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

### **2.3.3 Результаты и выводы:**

Законы сохранения играют очень важную роль в физике и науках, т.к. говорят о величинах, значение которых сохраняется (не изменяется) с течением времени. Также законы сохранения относятся к тем немногим законам, которые практически не имеют границ применимости.

## **2.4 Практическое занятие № 4 (2 часа).**



**Тема:** «Молекулярная физика и термодинамика»

**2.4.1 Задание для работы:**

1. Основные положения МКТ.
2. Давление газа с точки зрения МКТ.
3. Распределение Максвелла молекул идеального газа.
4. Экспериментальное обоснование распределения Максвелла.

**2.4.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

**2.4.3 Результаты и выводы:**

Усвоены понятия, определения и законы молекулярно-кинетической теории и термодинамики.

**2.5 Практическое занятие № 5 (2 часа).**

**Тема:** «Электричество и магнетизм»

**2.5.1 Задание для работы:**

1. Электрический заряд, его свойства.
2. Закон Кулона.
3. Электрический ток. Закон Ома.
4. Магнитное поле.
5. Электромагнитная индукция.

**2.5.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

**2.5.3 Результаты и выводы:**

Усвоены понятия, определения и законы электростатики, электродинамики и электромагнетизма.

**2.6 Практическое занятие № 6 (2 часа).**

**Тема:** «Колебания и волны, оптика»

**2.6.1 Задание для работы:**

1. Свободные колебания
2. Вынужденные колебания
3. Волновое движение
4. Интерференция.
5. Дифракция.
6. Поляризация.
7. Дисперсия.

**2.6.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

**2.6.3 Результаты и выводы:**

Усвоены понятия, определения и законы колебательного и волнового движения.

**2.7 Практическое занятие № 7 (2 часа).**

**Тема:** «Квантовая физика»

**2.7.1 Задание для работы:**

1. Квантовые свойства электромагнитного излучения.

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

#### **2.7.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

#### **2.7.3 Результаты и выводы:**

Рассмотрены основные закономерности теплового излучения

### **2.8 Практическое занятие № 8 (2 часа).**

**Тема:** «Ядерная физика»

#### **2.8.1 Задание для работы:**

1. Состав атомного ядра.
2. Характеристики ядра: заряд, масса, энергия связи нуклонов.
3. Радиоактивность. Виды и законы радиоактивного излучения. Ядерные реакции.
4. Деление ядер. Синтез ядер.
5. Детектирование ядерных излучений. Понятие о дозиметрии и защите.

#### **2.8.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

#### **2.8.3 Результаты и выводы:**

Рассмотрены процессы, происходящие в атомном ядре

## **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

### **ПО ПРОВЕДЕНИЮ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ (не предусмотрено РУП)**