

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о документе, подписанном простой электронной подписью  
ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна  
Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского  
федерального университета  
Дата подписания: 27.05.2025 17:40:08  
Уникальный программный ключ:  
d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**  
**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» (СКФУ)**  
**ПЯТИГОРСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) СКФУ**  
**Колледж Пятигорского института (филиал) СКФУ**

## Методические указания

по выполнению практических работ  
по дисциплине «**ФИЗИКА**»  
для студентов направления подготовки /специальности  
43.02.15 Поварское и кондитерское дело

Методические указания для практических работ по дисциплине «Физика» составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО, предназначены для студентов, обучающихся по специальности СПО: 43.02.15 Поварское и кондитерское дело

## Методические указания для практических работ

Методические указания призваны оказывать помощь студентам в изучении основных понятий, идей, теорий и положений дисциплины, изучаемых в ходе конкретного занятия, способствовать развитию их умений, навыков и профессиональных компетенций.

В данном учебном пособии согласно специфике дисциплины и прописываются:

### 1. Пояснительная записка

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **уметь**:

- 1) описывать и объяснять физические явления и свойства тел: движение небесных тел и искусственных спутников Земли; свойства газов, жидкостей и твердых тел; электромагнитную индукцию, распространение электромагнитных волн; волновые свойства света; излучение и поглощение света атомом; фотоэффект;
- 2) отличать гипотезы от научных теорий;
- 3) делать выводы на основе экспериментальных данных;
- 4) приводить примеры, показывающие, что: наблюдения и эксперимент являются основой для выдвижения гипотез и теорий, позволяют проверить истинность теоретических выводов; физическая теория дает возможность объяснять известные явления природы и научные факты, предсказывать еще неизвестные явления;
- 5) приводить примеры практического использования физических знаний: законов механики, термодинамики и электродинамики в энергетике; различных видов электромагнитных излучений для развития радио и телекоммуникаций, квантовой физики в создании ядерной энергетики, лазеров;
- 6) применять полученные знания для решения физических задач;
- 7) измерять ряд физических величин, представляя результаты измерений с учетом их погрешностей;
- 8) использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни;

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **знать**:

- 1) смысл понятий: физическое явление, гипотеза, закон, теория, вещество, взаимодействие, электромагнитное поле, волна, фотон, атом, атомное ядро, ионизирующие излучения, планета, звезда, галактика, Вселенная;
- 2) смысл физических величин: скорость, ускорение, масса, сила, импульс, работа, механическая энергия, внутренняя энергия, абсолютная температура, средняя кинетическая энергия частиц вещества, количество теплоты, элементарный электрический заряд;
- 3) смысл физических законов классической механики, всемирного тяготения, сохранения энергии, импульса и электрического заряда, термодинамики, электромагнитной индукции, фотоэффекта;

4) вклад российских и зарубежных ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие физики;

**Практическая работа № 1 Тема**  
**занятия: Введение в механику.**  
**Основы динамики.**

**Цель работы:** закрепить полученные теоретические сведения по теме решением задач, выработать практические навыки по решению задач.

**Теоретическая часть:**

Шкала́ (лат. *scala* — лестница) — часть показывающего устройства средства измерений, представляющая собой упорядоченный ряд отметок вместе со связанной с ними нумерацией или техническая отметка на шкале измерительного прибора. Шкалы могут располагаться по окружности, дуге или прямой линии. Показания отсчитываются невооружённым глазом при расстояниях между делениями до 0,7 мм, при меньших — при помощи лупы или микроскопа, для долевой оценки делений применяют дополнительные шкалы — нониусы.

Следует заметить, что термин «шкала» в метрологической практике имеет, по крайней мере, два различных значения. Во-первых, шкалой или, точнее, шкалой измерений (шкалой физической величины) называют принятый по соглашению порядок определения и обозначения всевозможных проявлений (значений) конкретного свойства (величины). Во-вторых, шкалой называют отсчётные устройства аналоговых средств измерений, это значение используется в данной статье.

Круговую шкалу часов, курвиметров и некоторых других приборов называют циферблатом.

Измерительный прибор - наиболее распространенное средство измерения, предназначенное для выработки измерительной информации в форме, доступной для восприятия наблюдателем (оператором). Различают аналоговые, цифровые, показывающие, регистрирующие самопишущие, печатающие, интегрирующие, суммирующие, сравнения.

**Отсчетное устройство (шкала и стрелка).**

Отсчетное устройство - часть конструкции средства измерения, предназначенная для отсчета показаний. Может быть в виде шкалы, указателя, дисплея, экрана осциллографа и т.п.

Шкала - часть конструкции отсчетного устройства, состоящая из отметок и чисел, соответствующих последовательным значениям измеряемой величины. Отметки могут быть в виде черточек, точек, зубцов и пр. Указатели могут быть в виде каплевидных, ножевидных и световых стрелок.

**Виды шкал, цена деления**

Шкалы могут быть односторонние и двухсторонние, в зависимости от положения нуля. Если «0» находится в центре шкалы, то такая двусторонняя шкала называется симметричной. Шкалы характеризуются числом делений,

длиной деления, ценой деления, диапазоном показаний, диапазоном измерений и пределами измерений.

Деление - это промежуток между двумя соседними отметками шкалы. Длина деления - это расстояние, измеренное между осевыми двух соседних отметок по воображаемой линии, проведенной через середины самых коротких отметок шкалы.

Диапазон показаний - это область значений шкалы, ограниченная начальным и конечным значениями. Диапазон измерений - это область значений величин, для которой нормирована предельная допустимая погрешность. Предел измерения - это наибольшее или наименьшее значение диапазона измерения. На каждом диапазоне прибор имеет два предела: - верхний предел, -нижний предел.

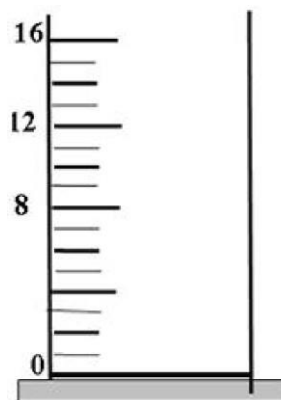
Цена деления - это разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.

Перед тем, как находить цену деления, внимательно рассмотрите сам прибор: что он измеряет, в каких единицах, его исправность. Это позволит нарисовать полную картину проводимого опыта по определению той или иной величины. Найдите на шкале два ближайших штриха, возле которых написаны числовые значения величины. Посчитайте сколько между ними делений (но не штрихов).

На этом рисунке в крупном масштабе показана шкала мензурки. Определим цену деления мензурки.

- а) выбираем оцифрованные штрихи 16 и 12
- б) между ними 4 деления (промежутков)
- в) вычисляем:  $(16 - 12) : 4 \text{ деления} = 1 / \text{дел.}$

Ответ: цена делений = 1 /дел.



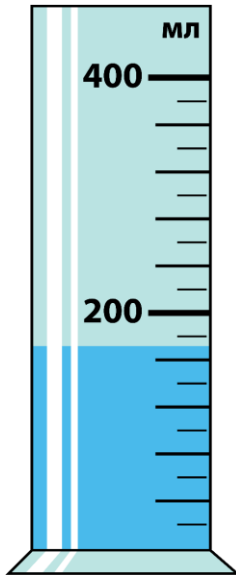
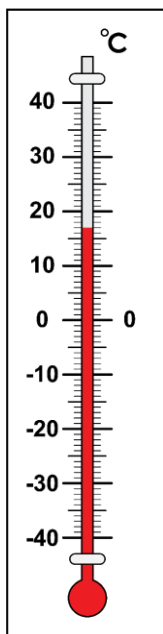
Цена делений шкалы измерительного прибора - важная физическая величина. С ней вы будете сталкиваться очень часто. Поэтому сформулируем правило для ее вычисления.

Чтобы подсчитать цену делений шкалы, нужно:

- а) выбрать на шкале два ближайших оцифрованных штриха; б) сосчитать количество делений между ними;
- в) разность значений около выбранных штрихов разделить на количество делений.

**Задания к решению:**

Определите характеристики шкал следующих измерительных приборов:



Решение рекомендуется производить в следующей последовательности:

1. Цена деления шкалы
2. Пределы шкалы
3. Погрешность измерения
4. Запишите результат измерений

**Ответьте на следующие вопросы:**

1. Что такое шкала измерительного прибора?
2. Какие измерительные приборы из школьного курса физики Вы знаете (назовите наименование прибора и какую физическую величину им измеряют);
3. На какие две группы можно разделить все измерительные приборы?
4. Как определить цену деления измерительного прибора?
5. Что такое погрешность?
6. Как определить погрешность измерительного прибора?

## **Практическая работа № 2**

**Тема занятия: Основы кинематики.**

**Цель работы:** закрепить полученные теоретические сведения по теме решением задач, выработать практические навыки по решению задач.

### **Теоретическая часть**

**Кинематика** — раздел механики, изучающий математическое описание (средствами геометрии, алгебры, математического анализа...) движения идеализированных тел (материальная точка, абсолютно твердое тело, идеальная жидкость), без рассмотрения причин движения (массы, сил и т. д.). Исходные понятия кинематики — пространство и время. Например, если тело движется по окружности, то кинематика предсказывает необходимость существования центростремительного ускорения без уточнения того, какую природу имеет сила, его порождающая. Причиной возникновения механического движения занимается другой раздел механики — динамика. Главной задачей кинематики является математическое (уравнениями,

графиками, таблицами и т. п.) определение положения и характеристик движения точек или тел во времени. Любое движение рассматривается в определённой системе отсчёта. Также кинематика занимается изучением составных движений (движений в двух взаимно перемещающихся системах отсчёта).

## УСКОРЕНИЕ. РАВНОУСКОРЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ

*Равноускоренным* называется движение, при котором скорость тела за любые равные промежутки времени изменяется одинаково.

*Ускорением тела* называют отношение изменения скорости тела ко времени, за которое это изменение произошло.

Ускорение характеризует быстроту изменения скорости.

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \quad (1)$$

$$[a] = \frac{\text{м/с}}{\text{с}} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

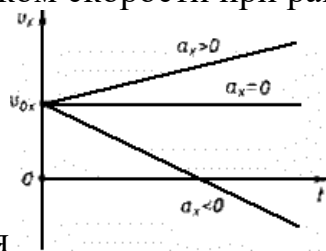
Ускорение - векторная величина. Оно показывает, как изменяется мгновенная скорость тела за единицу времени.

Зная начальную скорость тела и его ускорение, из формулы (1) можно найти скорость в любой момент времени:  $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$  (2)

Для этого уравнение нужно записать в проекциях на выбранную ось:

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

Графиком скорости при равноускоренном движении является



прямая

## ПЕРЕМЕЩЕНИЕ И ПУТЬ ПРИ ПРЯМОЛИНЕЙНОМ РАВНОУСКОРЕННОМ ДВИЖЕНИИ

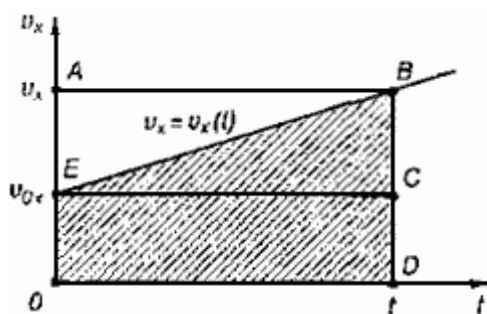
Предположим, что тело совершило перемещение за время  $t$ , двигаясь с ускорением. Если скорость изменяется от  $\vec{v}_0$  до  $\vec{v}$  и учитывая, что,

$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$ , получим

$$\vec{s} = \frac{\vec{v}_0 + \vec{v}_0 + \vec{a}t}{2} t = \frac{2\vec{v}_0 t + \vec{a}t^2}{2},$$

$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}.$$

Используя график скорости, можно определить пройденный телом за известное время путь - он численно равен площади заштрихованной поверхности.



## СВОБОДНОЕ ПАДЕНИЕ ТЕЛ

Движение тел в безвоздушном пространстве под действием силы тяжести называют *свободным падением*.

Свободное падение - это равноускоренное движение. Ускорение свободного падения в данном месте Земли постоянно для всех тел и не зависит от массы падающего тела:  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

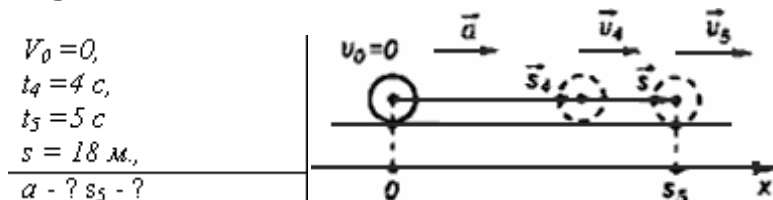
Для решения различных задач из раздела "Кинематика" необходимы два уравнения:

$$\vec{s} = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

и

$$\vec{V}_1 = \vec{V}_0 + \vec{a} t$$

**Задача №1:** Тело, двигаясь равноускоренно из состояния покоя, за пятую секунду прошло путь 18 м. Чему равно ускорение и какой путь прошло тело за 5 с?



$$x = x_0 + V_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2} \Rightarrow x - x_0 = \frac{at^2}{2}$$

За пятую секунду тело прошло путь  $s = s_5 - s_4$  и  $s_5$  и  $s_4$  - расстояния, пройденные телом соответственно за 4 и 5 с.

$$s = \frac{at_5^2}{2} - \frac{at_4^2}{2} = \frac{a}{2} (t_5^2 - t_4^2) \Rightarrow a = \frac{2s}{t_5^2 - t_4^2}$$

$$a = \frac{2 \cdot 18 \text{ м}}{25 \text{ с}^2 - 16 \text{ с}^2} = 4 \text{ м/с}^2$$

$$s_5 = \frac{4 \text{ м/с}^2 \cdot 25 \text{ с}^2}{2} = 50 \text{ м}$$

**Ответ:** тело, двигаясь с ускорением  $4 \text{ м/с}^2$ , за 5 с прошло 50 м.

**Задания к решению:**

1. Движение тел задано уравнениями:  $x_1 = 3t$ ,  $x_2 = 130 - 10t$ . Когда и где они встретятся?
2. При равноускоренном прямолинейном движении скорость катера увеличилась за 10 с от 2 м/с до 8 м/с. Чему равен путь, пройденный катером за это время?

3. Ускорение шайбы, соскальзывающей с гладкой наклонной плоскости, равно  $1,2 \text{ м/с}^2$ . На этом спуске её скорость увеличилась на  $9 \text{ м/с}$ . Определите полное время спуска шайбы с наклонной плоскости.
4. Камень брошен с некоторой высоты вертикально вниз с начальной скоростью  $1 \text{ м/с}$ . Какова скорость камня через  $0,6 \text{ с}$  после бросания?
5. Мотоциклист, двигаясь по хорошей дороге с постоянной скоростью  $108 \text{ км/ч}$ , проехал  $4/7$  всего пути. Оставшуюся часть пути по плохой дороге он проехал со скоростью  $15 \text{ м/с}$ . Какова средняя скорость мотоциклиста на всём пути?
6. Автомобиль двигался по окружности. Половину длины окружности он проехал со скоростью  $60 \text{ км/ч}$ , а вторую – ехал со скоростью  $40 \text{ км/ч}$ . Чему равна средняя скорость автомобиля?

### Практическая работа № 3

Тема занятия: Законы сохранения в механике.

**Цель работы:** закрепить полученные теоретические сведения по теме решением задач, выработать практические навыки по решению задач.

#### Теоритическая часть

Динамика исследует причины движения тел. Известно, что любое тело изменяет свою скорость в результате взаимодействия с другими телами. Сила есть характеристика взаимодействия. Обычно сила обозначается буквой  $F$ . Если на тело действует несколько сил, то они складываются как векторы. Сумма всех сил действующих на тело, называется равнодействующей  $R$

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$$

Масса есть характеристика инертности. Обычно масса обозначается буквой  $m$ . Масса — суть скаляр, сила — суть вектор. В основе динамики лежат три закона Ньютона. Первый закон Ньютона утверждает, что существуют такие системы отсчета, в которых, если на тело не действуют никакие внешние силы, оно движется равномерно и прямолинейно. Такие системы отсчета называют инерциальными. Второй закон Ньютона утверждает, что, если на тело массой  $m$  действует сила  $F$ , то ускорение тела,  $a$  будет равно

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

Третий закон Ньютона утверждает, что, если на тело  $A$  со стороны тела  $B$  действует сила  $F_{BA}$ , то на тело  $B$  со стороны тела  $A$  действует сила  $F_{AB}$ , причем  $\vec{F}_{BA} = - \vec{F}_{AB}$ .

#### Виды сил:

1. *Сила упругости.* Эта сила возникает при деформации тела. Свойство силы упругости  $F$  таково, что при небольших деформациях  $\Delta x$ ,  $F$  пропорционально  $\Delta x$  и направлена против деформации. Коэффициент

пропорциональности к носит название коэффициента жесткости. Таким образом,

$$\vec{F} = -k \Delta \vec{x}$$

2. *Гравитационная сила.* Известно, что все тела притягиваются друг к другу с силой  $F$  пропорциональной массе каждого тела  $m_1$  и  $m_2$  и обратно пропорциональной квадрату расстояния  $R$  между телами.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}.$$

$$G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}^2.$$

где  $R_0$  — радиус Земли,  $M$  — масса Земли. Ускорение свободного падения  $g$  не зависит от массы притягиваемого тела, поэтому все тела падают с одинаковым ускорением. На поверхности Земли, где  $H$  равно нулю,  $g \approx 9,8 \text{ м/с}^2$ .

3. *Вес тела.* Весом тела  $P$  называют силу, которая давит на опору или растягивает подвес. Эта сила вообще приложена не к телу, а к опоре или подвесу; на тело же действует нормальная реакция опоры или сила натяжения нити. Вес тела может быть равен силе тяжести, а может быть и не равен. Например, если тело лежит на горизонтальной плоскости, то вес тела равен силе тяжести, а если на наклонной, то нет.

4. *Сила трения.* Силой трения  $F_{\text{тр}}$  называют силу, которая препятствует движению, т.е. направлена против скорости, и равна

### Ход работы:

**Задача.** Грузы одинаковой массы ( $m_1 = m_2 = 0,5 \text{ кг}$ ) соединены нитью и перекинуты через невесомый блок, укрепленный на конце стола (рис. 2.1). Коэффициент трения груза  $m_2$  о стол  $\mu = 0,15$ . Пренебрегая трением в блоке, определить: а) ускорение, с которым движутся грузы; б) силу натяжения нити.

**Дано:**  $m_1 = m_2 = 0,5 \text{ кг}$ ;  $\mu = 0,15$ .

**Найти:**  $a$ ,  $T$ .

### Решение

По второму закону Ньютона уравнения движения грузов имеют вид:

$$\begin{cases} m_1 a = m_1 g - T, \\ m_2 a = T - \mu m_2 g; \end{cases}$$

$m_1 a + m_2 a = m_1 g - \mu m_2 g$ , откуда

$$a = \frac{(m_1 - \mu m_2)g}{m_1 + m_2} = \frac{(0,5 - 0,15 \cdot 0,5)9,8}{0,5 + 0,5} = 4,17 \text{ м/с}^2;$$

$$T = m_1 (g - a) = 0,5(9,8 - 4,17) = 2,82 \text{ Н}.$$

**Ответ:**  $a = 4,17 \text{ м/с}^2$ ,  $T = 2,82 \text{ Н}$ .

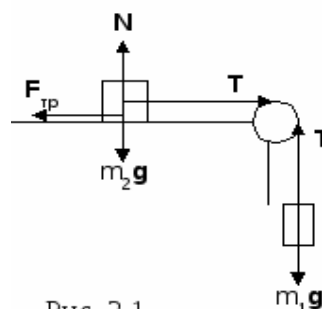


Рис. 2.1

**Содержание отчета, форма и правила оформления отчета о выполненной работе:** устное сообщение. Подготовка устного сообщения. Оценка решенных задач.

Цель работы:

- научиться самостоятельно подбирать информацию, систематизировать и оформлять в виде сообщения по заданной теме;
- получить опыт умения публично выступать.

**Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями.**

**Задания к решению:**

1. После удара теннисной ракеткой мячик массой 5 г получил ускорение  $12 \text{ м/с}^2$ . Какова сила удара?
2. Две силы по 200 Н каждая направлены под углом  $120^\circ$  друг к другу. Найдите равнодействующую силу.
3. Под действием некоторой силы первое тело приобретает ускорение **а**. Под действием вдвое большей силы второе тело приобретает ускорение в 2 раза меньше, чем первое. Как относится масса первого тела к массе второго?
4. Если пружина изменила свою длину на 6 см под действием груза массой 4 кг, то как бы она растянулась под действием груза массой 6 кг?
5. Сила 10 Н сообщает телу ускорение  $0,4 \text{ м/с}^2$ . Какая сила сообщит этому же телу ускорение  $2 \text{ м/с}^2$ ?
6. Мальчик массой 50 кг, скатившись на санках с горы, проехал по горизонтальной дороге до остановки 20 м за 10 с. Найдите силу трения.

**Практическая работа № 4 Тема занятия: Законы сохранения в механике.**

**Цель работы:** закрепить полученные теоретические сведения по теме решением задач, выработать практические навыки по решению задач.

**Теоритическая часть**

**Энергия** – универсальная мера различных форм движения материальных объектов и их взаимодействия. Количественной характеристикой процесса

обмена энергией между взаимодействующими телами является физическая скалярная величина – **работа сил**.

**Мощность** – физическая скалярная величина, характеризующая скорость совершения работы:

$$P = \frac{dA}{dt}.$$

Мощность, развиваемая силой в данный момент времени, равна скалярному произведению вектора силы на вектор скорости, с которой движется точка приложения этой силы:

**Консервативная сила** – сила, работа которой при перемещении из одного положения в другое не зависит от траектории перемещения, а зависит только от начального и конечного положений тела. Силовое поле, в котором консервативные силы совершают работу, называется **потенциальным полем**.

**Кинетическая энергия** – механическая энергия всякого свободно движущегося тела, численно равная работе, которую совершают действующие на тело силы при его торможении до полной остановки:

$$E_k = A = \frac{mv^2}{2}.$$

**Потенциальная энергия** – это механическая энергия системы тел, определяемая их взаимным расположением и характером сил взаимодействия между ними.

Отсюда, как частные случаи, определяются: а) потенциальная энергия тела массой  $m$  на высоте  $h$

$$E_n = mgh;$$

б) потенциальная энергия упругодеформированного тела

$$E_n = \frac{kx^2}{2},$$

где  $k$  – коэффициент упругости (для пружины – жесткость).

**Полная энергия** механической системы – равна сумме кинетической и потенциальной энергий:  $W = E_k + E_n$ .

Механические системы, на тела которых действуют только консервативные силы (внутренние и внешние) называются **консервативными системами**. В таких системах выполняется **закон сохранения механической энергии**:

$$E_k + E_n = W = \text{const},$$

т.е. **полная механическая энергия консервативной системы со временем не изменяется**.

**Ход работы:**

**Задача 2.** Автомобиль массой 1,8 т движется в гору, уклон которой составляет 3 м на каждые 100 м пути (рис. 2.3). Определить: а) работу, совершаемую двигателем автомобиля на пути 5 км, если коэффициент трения равен 0,1;

б) развиваемую двигателем мощность, если известно, что этот путь был преодолен за 5 мин.

**Дано:**  $m = 1800$  кг;  $\sin \alpha = 0,03$ ;  $s = 5000$  м;  $\mu = 0,1$ ;  
 $t = 300$  с.

**Найти:**  $A$ ,  $P$ .

**Решение**

$A = F_1 s + F_{mp} s$ , где

$$F_1 = mg \sin \alpha, F_{mp} = \mu mg \cos \alpha; A = mgs(\sin \alpha + \mu \cos \alpha); A = mgs(\sin \alpha + \mu \cos \alpha); P = \frac{A}{t}.$$

Подставляя числовые данные, получим:  $A = 11,5 \cdot 10^6$  Дж,  $P = 38,3 \cdot 10^3$  Вт.

**Ответ:**  $A = 11,5$  МДж,  $P = 38,3$  кВт.

**Содержание отчета, форма и правила оформления отчета о выполненной работе:** устное сообщение. Подготовка устного сообщения. Оценка решенных задач.

Цель работы:

- научиться самостоятельно подбирать информацию, систематизировать и оформлять в виде сообщения по заданной теме;
- получить опыт умения публично выступать.

**Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями.**

**Задания к решению:**

1. Два шарика массами 2 и 4 кг движутся со скоростями соответственно 5 и 7 м/с. Определить скорости шаров после прямого неупругого удара в случаях: а) больший шар догоняет меньший; б) шары движутся навстречу друг другу.
2. Определить работу, совершаемую при подъеме груза массой 50 кг по наклонной плоскости с углом наклона  $30^\circ$  к горизонту на расстояние 4 м, если время подъема составляет 2 с, а коэффициент трения 0,06.
3. С башни высотой 35 м горизонтально брошен камень массой 0,3 кг. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить: а) скорость, с которой брошен камень, если через 1 с после начала движения его кинетическая энергия равна 60 Дж; б) потенциальную энергию камня через 1 с после начала движения.
4. Пуля массой 10 г, летевшая горизонтально со скоростью 500 м/с, попадает в баллистический маятник длиной 1 м и массой 5 кг и застревает в нем. Определить угол отклонения маятника.
5. Камень массой 0,2 кг бросили под углом  $60^\circ$  к горизонту со скоростью 15 м/с. Найти кинетическую, потенциальную и полную энергию камня: а) спустя 1 с после начала движения; б) в высшей точке траектории. Сопротивлением воздуха пренебречь.
6. Тело массой 5 кг падает с высоты 20 м. Определить полную энергию тела в точке, находящейся от поверхности Земли на высоте 5 м.

Трением тела о воздух пренебречь. Сравнить эту энергию с первоначальной энергией тела.

## Практическая работа № 5

**Тема занятия: Основы молекулярно-кинетической теории.**

**Цель работы:** закрепить полученные теоретические сведения по теме решением задач, выработать практические навыки по решению задач.

### Теоритическая часть

В основе молекулярно-кинетической теории лежат три основных положения:

1. Все вещества – жидкие, твердые и газообразные – образованы из мельчайших частиц – молекул
2. Атомы и молекулы находятся в непрерывном хаотическом движении.

Масса одной молекулы  $m_0$  выражается формулой

$$m_0 = \frac{M}{N_A}$$

Количеством вещества  $\nu$  называется отношение числа молекул  $N$  к числу Авогадро  $N_A$  :

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

Концентрацией молекул  $n$  называется отношение числа молекул  $N$  в объеме  $V$  к этому объему  $V$ :

$$n = \frac{N}{V}$$

Давление  $p$  можно выразить следующей формулой

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \langle v^2 \rangle$$

Это уравнение носит название основного уравнения молекулярно кинетической теории (МКТ) газов. Это уравнение можно переписать в виде  
Средняя кинетическая энергия

$$\langle E_k \rangle = \frac{3}{2} kT, \quad \text{где } k \text{ — постоянная Больцмана.}$$

уравнение Менделеева-Клапейрона

$$pV = \frac{m}{M} RT, \quad R = kN_A = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \times \text{К}}$$

где — универсальная газовая постоянная.

**Ход работы:**

Какой объем занимают 100 моль ртути?

Дано:  $\mu = 0,2 \text{ кг/моль}$ ,  $\rho = 13600 \text{ кг/м}^3$ ,  $\nu = 100 \text{ моль}$ . Найти:  $V$

Решение.

$$m = \rho V = \mu \nu; \quad V = \frac{\mu \nu}{\rho} = \frac{0,2 \text{ кг/моль} \cdot 100 \text{ моль}}{13600 \text{ кг/м}^3} \approx 0,0015 \text{ м}^3.$$

Ответ:  $V \approx 0,0015 \text{ м}^3$ .

**Содержание отчета, форма и правила оформления отчета о выполненной работе:** устное сообщение. Подготовка устного сообщения. Оценка решенных задач.

Цель работы:

- научиться самостоятельно подбирать информацию, систематизировать и оформлять в виде сообщения по заданной теме;
- получить опыт умения публично выступать.

**Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями.**

**Задания к решению:**

1. В баллоне находится 600 г водорода. Какое количество вещества это составляет?
2. Средняя кинетическая энергия молекул идеального газа увеличилась в 4 раза. Как при этом изменилось давление газа на стенки сосуда?
3. Сравните массы аргона и азота, находящиеся в сосудах, если сосуды содержат равные количества веществ.
4. В сосуде А находится 14 г молекулярного азота, в сосуде В – 4 г гелия. В каком сосуде находится большее количество вещества?
5. Объём 12 моль азота в сосуде при температуре 300К и давлении  $10^5 \text{ Па}$  равен  $V_1$ . Чему равен объём 1 моля азота при таком же давлении газа и вдвое большей температуре?
6. Определите массу воздуха в классной комнате размерами  $5 \times 12 \times 3 \text{ м}$  при температуре  $25^\circ \text{C}$ . Принять плотность воздуха равной  $1,29 \text{ кг/м}^3$ .

## Практическая работа № 6

### Тема занятия: Основы термодинамики.

**Цель работы:** закрепить полученные теоретические сведения по теме решением задач, выработать практические навыки по решению задач.

#### Теоретическая часть

Внутренняя энергия идеального одноатомного газа прямо пропорциональна его абсолютной температуре. Работа внешней силы, изменяющей объём газа равна  $A = p\Delta V$ . Работа самого газа, где  $p$  - давление газа. Первый закон термодинамики: изменение внутренней энергии системы при переходе её из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе:  $\Delta U = A + Q$

Внутренняя энергия системы тел изменяется при совершении работы и при передаче количества теплоты. В каждом состоянии система обладает определённой внутренней энергией.

Виды изопроцессов: 1. Изотермический - внутренняя энергия не меняется; 2. Изохорный – объём газа не меняется и поэтому работа газа равна нулю; 3. изобарный-передаваемое газу количество теплоты идёт на изменение его внутренней энергии и на совершение работы при постоянном давлении; 4. Адиабатный – при адиабатном процессе количество теплоты равно нулю.

#### Ход работы:

##### Задача:

При увеличении давления в 1,5 раза объём газа уменьшился на 30 мл. Найти первоначальный объём.

Дано:

Решение.

$$P_2 = 1,5P_1,$$

$$\Delta V = 30 \text{ мл.}$$

Найти:  $V$ .

$$P_1V = P_2(V - \Delta V);$$

$$P_1V = 1,5P_1(V - \Delta V); V = 1,5V - 1,5\Delta V;$$

$$0,5V = 1,5\Delta V; V = 3\Delta V = 3 \cdot 30 \text{ мл} = 90 \text{ мл.}$$

Ответ:  $V = 90 \text{ мл.}$

**Содержание отчета, форма и правила оформления отчета о выполненной работе:** устное сообщение. Подготовка устного сообщения. Оценка решенных задач.

Цель работы:

- научиться самостоятельно подбирать информацию, систематизировать и оформлять в виде сообщения по заданной теме;
- получить опыт умения публично выступать.

**Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями.**

**Задания к решению:**

1. На сколько изменится внутренняя энергия гелия массой 200 г при увеличении температуры на  $20^0\text{ C}$ ?
2. Как изменяется внутренняя энергия одноатомного газа при изобарном нагревании? при изохорном охлаждении? при изотермическом сжатии?
3. Какую работу совершил воздух массой 200 г при его изобарном нагревании на  $20\text{ K}$ ? Какое количество теплоты ему при этом сообщили?
4. Для изобарного нагревания газа, количество вещества которого 800 моль. На  $500\text{ K}$  ему сообщили количество теплоты  $9.4\text{ МДж}$ . Определить работу газа и приращение его внутренней энергии.
5. Объем кислорода массой 160 г, температура которого  $27^0\text{ C}$ , при изобарном нагревании увеличился вдвое. Найти работу газа при расширении.
6. Сколько дров надо сжечь в печке с КПД 40%, чтобы получить из 200 кг снега, взятого при температуре  $-10^0\text{ C}$ , воду при  $20^0\text{ C}$ ?

## **Практическая работа № 7**

**Тема занятия: Электрическое поле.**

**Цель работы:** закрепить полученные теоретические сведения по теме решением задач, выработать практические навыки по решению задач.

**Теоритическая часть**

При покое зарядов их взаимодействие называют электростатическим (электрическим). При движении зарядов их взаимодействие будет отличаться от электростатического. Дополнительное взаимодействие зарядов, обусловленное их движением, называется магнитным. В общем случае при движении зарядов их взаимодействие является электромагнитным. Сила взаимодействия двух точечных электрических зарядов прямо пропорциональна величине зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$ , где  $q_1$  - величина первого заряда (Кл),  $q_2$  - величина второго заряда (Кл),  $r$  - расстояние между зарядами (м),  $k$  - коэффициент пропорциональности ( $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$ ).

Условия для выполнения закона Кулона:

1. Должны быть точечные заряды
2. Заряженные тела должны быть неподвижными.

Напряженность электрического поля равна отношению силы, с которой поле действует на точечный заряд к этому заряду.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}.$$

### ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ

- характеризует способность двух проводников накапливать электрический заряд.
- не зависит от  $q$  и  $U$ .
- зависит от геометрических размеров проводников, их формы, взаимного расположения, электрических свойств среды между проводниками.

$$C = \frac{q}{U} = \text{const}$$

$$C = \frac{q}{U} = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}$$

Единицы измерения в СИ: ( Ф - фарад )

Емкость плоского конденсатора

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

Включение конденсаторов в электрическую цепь параллельное и последовательное

Тогда общая емкость (C):

при параллельном включении

$$C = C_1 + C_2.$$

при последовательном включении

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

## ЭНЕРГИЯ ЗАРЯЖЕННОГО КОНДЕНСАТОРА

Конденсатор - это система заряженных тел и обладает энергией.

Энергия любого конденсатора:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

Энергия конденсатора равна работе, которую совершит электрическое поле при сближении пластин конденсатора вплотную, или равна работе по разделению положительных и отрицательных зарядов, необходимой при зарядке конденсатора.

### Ход работы:

**Задача.** С какой силой взаимодействуют два заряда 2 по 10 нКл, находящиеся на расстоянии 3 см друг от друга?

Дано:

Решение:

$$\begin{aligned} q_1 &= q_2 = \\ &= 10 \text{ нКл} = 10^{-8} \text{ Кл}; \\ r &= 3 \text{ см} = \\ &= 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \frac{10^{-8} \text{ Кл} \cdot 10^{-8} \text{ Кл}}{(3 \cdot 10^{-2} \text{ м})^2} = \\ &= 10^{-3} \text{ Н} = 1 \text{ мН}. \end{aligned}$$

Найти F.

Ответ:  $F = 1 \text{ мН}$ .

**Содержание отчета, форма и правила оформления отчета о выполненной работе:** устное сообщение. Подготовка устного сообщения. Оценка решенных задач.

Цель работы:

- научиться самостоятельно подбирать информацию, систематизировать и оформлять в виде сообщения по заданной теме;
- получить опыт умения публично выступать.

**Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями.**

**Задания к решению:**

1. На каком расстоянии друг от друга заряды 1 мКл и 10 нКл взаимодействуют с силой 9 мН?

2. Во сколько раз сила электрического отталкивания между двумя электронами больше силы их гравитационного притяжения друг к другу?
3. В некоторой точке поля на заряд 2 нКл действует сила 0,4мкН. Найти напряжённость поля в этой точке.
4. С каким ускорением движется электрон в поле напряжённостью 10кВ/м?
5. Площадь каждой пластины плоского конденсатора 401 см<sup>2</sup> . Заряд пластин 1,42 мкКл. Найти напряжённость поля между пластинами.
6. Во сколько раз изменится ёмкость конденсатора при уменьшении рабочей площади пластин в 2 раза и уменьшении расстояния между ними в 3 раза?
7. Плоский конденсатор состоит из двух пластин площадью 50см<sup>2</sup> каждая. Между пластинами находится слой стекла. Какой наибольший заряд можно накопить на этом конденсаторе, если при напряжённости поля 10МВ/м в стекле происходит пробой конденсатора?

## Практическая работа № 7

**Тема занятия: Законы постоянного тока. Электрический ток в различных средах.**

**Цель работы:** закрепить полученные теоретические сведения по теме решением задач, выработать практические навыки по решению задач.

### Теоритическая часть

Закон Ома читается так: *сила тока в участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению.*

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

здесь I – сила тока в участке цепи, U – напряжение на этом участке, R – сопротивление участка.

закон Ома для полной цепи - *сила тока прямо пропорциональна сумме ЭДС цепи, и обратно пропорциональна сумме сопротивлений источника и цепи ,*

где  $E$  – ЭДС,  $R$ - сопротивление цепи,  $r$  – внутреннее сопротивление источника.

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

Электрический ток - это упорядоченное движение заряженных частиц. Сила тока равна отношению заряда, переносимое через поперечное сечение проводника за интервал времени, к этому интервалу времени. Если сила тока со временем не меняется, то ток называется постоянным. Для возникновения и существования электрического тока в веществе. Необходимо, во-первых, наличие свободных заряженных частиц; во-вторых, необходима сила, действующая на них в определённом направлении. На заряженные частицы действует электрическое поле с силой  $F=qE$ . Сопротивление проводника

$$R = \rho \frac{l}{S}. \text{ Единица сопротивления – Ом. Закон Ома для участка цепи: } I=U/R.$$

При упорядоченном движении заряженных частиц электрическое поле совершает работу, её принято называть работой тока. Работа тока  $A = IU\Delta t$ . Мощность тока равна отношению работы тока за время к этому интервалу

$$P = \frac{A}{\Delta t} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

### Ход работы.

В проводнике сопротивлением 2 Ом, подключенном к элементу с ЭДС 1,1 В, сила тока равна 0,5 А. Какова сила тока при коротком замыкании элемента?

Дано: Решение.

$$R=2 \text{ Ом}$$

$$\varepsilon=1,1 \text{ В} \quad I = \frac{\varepsilon}{R+r}; \quad r = \frac{\varepsilon - IR}{I}; \quad I_3 = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{\varepsilon I}{\varepsilon - IR} = \frac{1,1 \text{ В} \cdot 0,5 \text{ А}}{1,1 \text{ В} - 0,5 \text{ А} \cdot 2 \text{ Ом}} = 5,5 \text{ А}.$$

$$I = 0,5 \text{ А}$$

Найти  $I_3$ . Ответ:  $I_3 = 5,5 \text{ А}$ .

**Содержание отчета, форма и правила оформления отчета о выполненной работе:** устное сообщение. Подготовка устного сообщения. Оценка решенных задач.

Цель работы:

- научиться самостоятельно подбирать информацию, систематизировать и оформлять в виде сообщения по заданной теме;
- получить опыт умения публично выступать.

## **Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями.**

### **Задания к решению:**

1. Обмотка реостата сопротивлением 84 Ом выполнена из никелиновой проволоки с площадью поперечного сечения  $1 \text{ мм}^2$ . Какова длина проволоки?
2. Какова напряжённость поля в алюминиевом проводнике сечением  $1,4 \text{ мм}^2$  при силе тока 1 А?
3. К источнику с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 1 Ом подключён реостат, сопротивление которого 5 Ом. Найти силу тока в цепи и напряжение на зажимах источника тока.
4. При питании лампочки от элемента 1,5 В сила тока в цепи равна 0,2 А. Найти работу сторонних сил в элементе за 1 мин.
5. Электродвигатель подъёмного крана работает под напряжением 380 В, при этом сила тока в его обмотке равна 20 А. Каков КПД установки, если груз массой 1 т кран поднимает на высоту 19 м за 50 с?
6. Троллейбус массой 11 т движется равномерно со скоростью 36 км/ч. Найти силу тока в обмотке двигателя, если напряжение равно 550 В и КПД 80%. Коэффициент сопротивления движению равен 0,02.

### **Практическая работа № 8**

**Тема занятия: Магнитное поле. Электромагнитная индукция.**

**Цель работы:** закрепить полученные теоретические сведения по теме решением задач, выработать практические навыки по решению задач.

### **Теоритическая часть**

*Сила, действующая со стороны, магнитного поля на проводник с током, прямо пропорциональна силе тока, длине проводника в магнитном поле и перпендикулярной составляющей вектора магнитной индукции. Это и есть формулировка закона Ампера, который записывается так:  $F_A = I l B \sin \alpha$ .*

Направление силы Ампера определяют по правилу левой руки. Если левую руку расположить так, чтобы четыре пальца показывали направление тока, перпендикулярная составляющая вектора магнитной индукции входила в ладонь, то отогнутый на  $90^\circ$  большой палец покажет направление силы Ампера (рис. 4).

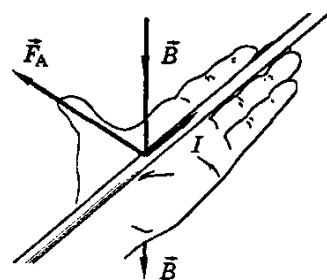


Рис. 4

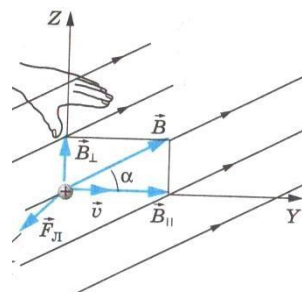
$$B = B \sin \alpha.$$

Сила, действующая на движущийся

электрический заряд в магнитном поле, называется *силой Лоренца* и равна произведению модуля заряда, модуля его скорости, модуля вектора магнитной индукции и синуса угла между вектором скорости и вектором магнитной индукции:

$$F_L = |q| \cdot B \cdot v \cdot \sin \alpha$$

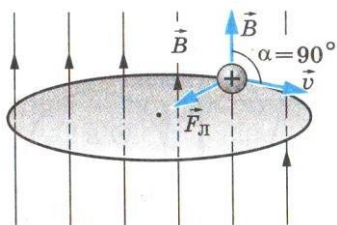
Направление силы Лоренца для положительного заряда определяется по правилу левой руки: если левую руку расположить так, чтобы составляющая магнитной индукции  $\vec{B}$ , перпендикулярная скорости заряда, входила в ладонь, а четыре вытянутых пальца были направлены по движению положительного заряда (против движения отрицательного), то отогнутый на  $90^\circ$  большой палец укажет направление действующей на заряд силы Лоренца  $F_L$ .



Электрическое поле действует на заряд  $q$  с силой  $F_{эл} = q \cdot E$ .

Следовательно, если есть и электрическое поле, и магнитное поле, то суммарная сила  $F$ , действующая на заряд, равна:  $F = F_{эл} + F_L$ .

Рассмотрим движение частицы с зарядом  $q$  в однородном магнитном поле  $\vec{B}$ , направленном перпендикулярно к начальной скорости частицы  $\vec{v}$ .

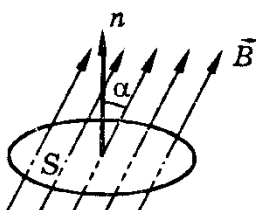


$$F_{эл} = F_L. \quad \text{Согласно II закону Ньютона}$$

$$\frac{m \cdot v^2}{R} = |q| \cdot v \cdot B. \Rightarrow R = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B}$$

Время, за которое частица делает полный оборот (период обращения), равно:  $T = \frac{2\pi \cdot R}{v}$ .

**Магнитным потоком** через замкнутый контур площадью  $S$  называют физическую величину, равную произведению модуля вектора магнитной индукции  $B$  на площадь контура  $S$  и на косинус угла  $\alpha$  между направлением вектора магнитной индукции и нормалью к площади контура.  $\Phi = BS \cos \alpha$  (рис. 3).



Опытным путем был установлен основной закон электромагнитной индукции: **ЭДС индукции в замкнутом контуре равна по величине скорости изменения магнитного потока через контур.**  $\xi =$

$$\Delta\Phi/\Delta t.$$

Рис. 3

Если рассматривать катушку, содержащую  $n$  витков, то формула основного закона электромагнитной индукции будет выглядеть так:  $\xi = n \Delta\Phi/\Delta t$ .

Единица измерения магнитного потока  $\Phi$  — вебер (Вб):  $1 \text{ Вб} = 1 \text{ В} \cdot \text{с}$ .

*Индукционный ток имеет такое направление, при котором его магнитное поле стремится скомпенсировать изменение внешнего магнитного потока через контур.*

Явление самоиндукции заключается в появлении ЭДС индукции в самом проводнике при изменении тока в нем.

**ЭДС самоиндукции прямо пропорциональна скорости изменения тока в проводнике.  $\xi = -L \Delta I/\Delta t$ .**

Коэффициент пропорциональности  $L$  называют **индуктивностью**.

**Индуктивность** — это величина, равная ЭДС самоиндукции при скорости изменения тока в проводнике  $1 \text{ А/с}$ . Индуктивность измеряется в генри (Гн).  $1 \text{ Гн} = 1 \text{ Вс/А}$ .

### Ход работы.

#### Задача 1.

Дано:

$$\begin{aligned} B &= 10 \text{ мТл} = 0,01 \text{ Тл}, \\ I &= 50 \text{ А}, L = 0,1 \text{ м}, \\ \alpha &= 90^\circ. \end{aligned}$$

Найти  $F$ .

Решение.

$$F = BIL \sin \alpha = 0,01 \text{ Тл} \cdot 50 \text{ А} \cdot 0,1 \text{ м} \cdot \sin 90^\circ = 0,05 \text{ Н}.$$

Ответ:  $F = 0,05 \text{ Н}$

#### Задача 2.

Дано:

$$\begin{aligned} \Delta t &= 5 \text{ мс} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ с}, \\ \Phi_1 &= 9 \text{ мВб} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}, \\ \Phi_2 &= 4 \text{ мВб} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}. \end{aligned}$$

Найти  $\varepsilon$ .

Решение.

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t} = \frac{9 \cdot 10^{-3} \text{ Вб} - 4 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ с}} = \\ &= 1 \text{ В}. \end{aligned}$$

Ответ:  $\varepsilon = 1 \text{ В}$ .

Найти  $I_3$ .

Ответ:  $I_3 = 5,5 \text{ А}$ .

**Содержание отчета, форма и правила оформления отчета о выполненной работе:** устное сообщение. Подготовка устного сообщения. Оценка решенных задач.

Цель работы:

— научиться самостоятельно подбирать информацию, систематизировать и оформлять в виде сообщения по заданной теме;

- получить опыт умения публично выступать.

## **Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями.**

### **Задания к решению:**

1. Прямой проводник длиной  $15\text{ см}$  помещен в однородное магнитное поле с индукцией  $400\text{ мТл}$ , направленной перпендикулярно направлению тока. Сила тока, протекающего по проводнику,  $5\text{ А}$ . Найти силу Ампера, действующую на проводник.
2. На прямолинейный проводник длиной  $40\text{ см}$ , расположенный перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля, действует сила  $0,12\text{ Н}$ . Определить магнитную индукцию, если сила тока в проводнике  $3\text{ А}$ .
3. Электрон движется в однородном магнитном поле, модуль индукции которого  $B = 0,05\text{ Тл}$ , перпендикулярно линиям магнитной индукции. Его скорость  $v = 10^7\text{ м/с}$ . Найдите время одного оборота электрона.
4. Электрон движется в однородном магнитном поле со скоростью, направленной перпендикулярно вектору магнитной индукции и равной  $5 \cdot 10^6\text{ м/с}$ . Модуль вектора магнитной индукции  $0,02\text{ Тл}$ . Чему равна сила Лоренца? Определите радиус окружности, по которой движется электрон.
5. Магнитный поток  $40\text{ мВб}$  через контур уменьшается равномерно до нуля за  $0,02\text{ с}$ . Определите ЭДС индукции и силу тока, возникающую в контуре, если сопротивление контура  $5\text{ Ом}$ .
6. Вычислите энергию магнитного поля катушки, индуктивность которой  $0,8\text{ Гн}$  при силе тока  $4\text{ А}$ .
7. Катушка из  $200$  витков находится в магнитном поле, индукция которого равномерно увеличивается от  $1$  до  $5\text{ Тл}$  за  $0,1\text{ с}$ . Определите ЭДС индукции, возникающую в катушке, если площадь витка  $0,6\text{ см}^2$ .

## **Практическая работа № 9**

### **Тема занятия: Механические колебания и упругие волны.**

**Цель работы:** закрепить полученные теоретические сведения по теме решением задач, выработать практические навыки по решению задач.

### **Теоритическая часть**

Колебания, рассматриваемые в разделе «Механика», называются механическими, при которых рассматриваются изменения положений,

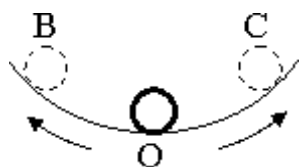
скоростей, ускорений и энергий каких-либо тел или их частей.

| Виды колебаний                                                                                              |                                                                                                     |                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| свободные                                                                                                   | вынужденные                                                                                         | автоколебания                                                                                            |
| Колебания, происходящие под воздействием только одной возвращающей силы (первоначально сообщённой энергии). | Колебания, происходящие под воздействием внешней периодически изменяющейся силы (вынуждающей силы). | Колебания, происходящие при периодическом поступлении энергии от источника внутри колебательной системы. |

Силу, под действием которой происходит колебательный процесс, называют возвращающей силой.

Простейшим видом периодических колебаний являются гармонические колебания, происходящие по закону синуса или косинуса.

Гармоническая колебательная система (система тел, совершающих колебания) обычно имеет одно положение, в котором может пребывать сколько угодно долго – положение равновесия О.



Отклонения от положения равновесия называют смещением, и обозначается  $X$ , а наибольшее смещение (точки В или С) называется амплитудой колебания и обозначается  $A$ .

Периодические колебания совершаются циклично. Движение в течение одного цикла (когда тело, пройдя все промежуточные положения, возвращается в исходное) называется полным колебанием (О-С-О-В-О).

Время одного полного колебания называется периодом колебания (обозначается  $T$ ). Если тело за время  $t$  совершает  $n$  полных колебаний то

$T = \frac{t}{n}$ , а  $\frac{1}{T} = \frac{n}{t} = \nu$  и называется частотой колебаний. Число колебаний за  $2\pi$

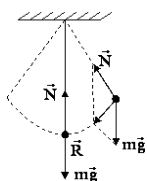
единиц времени называется циклической (круговой) частотой и обозначается  $\omega$ :  $\omega = 2\pi\nu$ .

Математическая запись гармонического колебания:

$$X = A \cos(\omega t + \varphi_0) = A \cos \varphi$$

$$X = A \sin(\omega t + \varphi_0) = A \sin \varphi$$

где  $\varphi = \omega t + \varphi_0$  – фаза колебания (физическая величина, определяющая положение колебательной системы в данный момент времени),  $\varphi_0$  – начальная



фаза колебания

Простейшими колебательными системами являются:

а) математический маятник – материальная точка, подвешенная на невесомой нерастяжимой нити и совершающая колебания под действием силы тяжести.

Период колебания определяется уравнением:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Период  $T$  зависит лишь от длины маятника и местоположения (удалённости от центра Земли или другого небесного тела), которое определяется

величиной ускорения свободного падения  $\left(g = \gamma \frac{M}{r^2}\right)$ ;

б) пружинный маятник – материальная точка, закреплённая на абсолютно упругой пружине.

Период колебания определяется уравнением:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Какова масса груза, колеблющегося на пружине жесткостью 0,5 кН/м, если при амплитуде колебаний 6 см он имеет максимальную скорость 3 м/с?

Дано:

Решение.

$$\begin{aligned}
 k &= 0,5 \text{ кН/м} = 500 \text{ Н/м}, \\
 x &= 6 \text{ см} = 0,06 \text{ м}, \\
 v &= 3 \text{ м/с}.
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 \frac{mv^2}{2} &= \frac{kx^2}{2}; \quad m = k \frac{x^2}{v^2} = k \left( \frac{x}{v} \right)^2 = ; \\
 &= 500 \text{ Н/м} \cdot \left( \frac{0,06 \text{ м}}{3 \text{ м/с}} \right)^2 = 0,2 \text{ кг}.
 \end{aligned}$$

Найти: m

Ответ: m = 0,2 кг.

### **Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями.**

#### **Задания к решению:**

1. Найти массу груза, который на пружине жёсткостью 250Н/м делает 20 колебаний за 16 с.
2. Груз, подвешенный на пружине жёсткостью 600Н/м, совершает гармонически колебания. Какой должна быть жёсткость пружины, чтобы частота колебаний уменьшилась в 2 раза?
3. Пружинный маятник массой 0,16 кг совершает гармонические колебания. Какой должна стать масса этого маятника, чтобы период колебаний увеличился в 2 раза?
4. Как изменится период колебаний математического маятника, если длину нити увеличить в 4 раза, а массу груза уменьшить в 4 раза?
5. Рыболов заметил, что за 10 с поплавков совершил на волнах 20 колебаний, а расстояние между соседними гребнями волн 1,2 м. Какова скорость распространения волны?
6. По поверхности жидкости распространяется волна со скоростью 2,4 м/с при частоте 2 Гц. Какова разность фаз для точек, лежащих на одном луче и отстоящих друг от друга на 90 см?
7. При свободных колебаниях пружинного маятника максимальное значение его потенциальной энергии 10 Дж, максимальное значение его кинетической энергии 10 Дж. Какова полная механическая энергия груза и пружины?

### **Практическая работа № 10**

**Тема занятия: Электромагнитные колебания и волны.**

**Цель работы:** закрепить полученные теоретические сведения по теме решением задач, выработать практические навыки по решению задач.

## Теоритическая часть

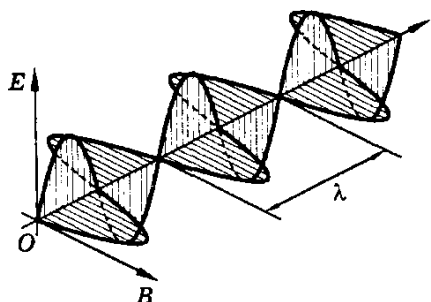


Рис. 2

При распространении электромагнитной волны векторы напряженности  $E$  и магнитной индукции  $B$  перпендикулярны направлению распространения волны и взаимно перпендикулярны между собой (рис. 2). Возможность практического применения электромагнитных волн для установления связи без проводов продемонстрировал 7 мая 1895 г. русский физик А. Попов. Этот день считается

днем рождения радио. Для осуществления радиосвязи необходимо обеспечить возможность излучения электромагнитных волн. Если электромагнитные волны возникают в контуре из катушки и конденсатора, то переменное магнитное поле оказывается связанным с катушкой, а переменное электрическое поле — сосредоточенным между пластинами конденсатора. Такой контур называется **закрытым** (рис. 3, а). Закрытый колебательный контур практически не излучает электромагнитные волны в окружающее пространство. Если контур состоит из катушки и двух пластин плоского конденсатора, то под чем большим углом развернуты эти пластины, тем более свободно выходит электромагнитное поле в окружающее пространство (рис. 3, б). Предельным случаем раскрытого колебательного контура является удаление пластин на противоположные концы катушки. Такая система называется **открытым колебательным контуром** (рис. 3, в). В действительности контур состоит из катушки и длинного провода — антенны.

Энергия излучаемых (при помощи генератора незатухающих колебаний) электромагнитных колебаний при одинаковой амплитуде колебаний силы тока в антенне пропорциональна четвертой степени частоты колебаний. На частотах в десятки, сотни и даже тысячи герц интенсивность электромагнитных колебаний ничтожно мала. Поэтому для осуществления радио- и телевизионной связи используются электромагнитные волны с частотой от нескольких сотен тысяч герц до сотен мегагерц.

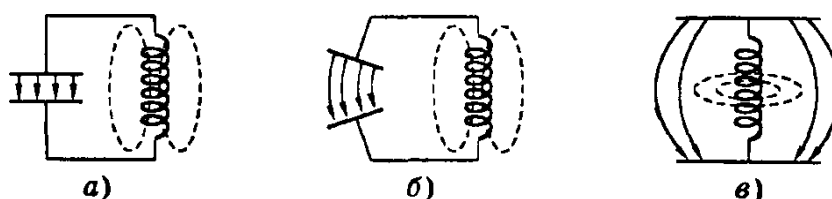


Рис. 3

При передаче по радио речи, музыки и других звуковых сигналов применяют различные виды модуляции высокочастотных (несущих) колебаний. **Суть модуляции** заключается в том, что высокочастотные колебания, вырабатываемые генератором, изменяют по закону низкой частоты. В этом и заключается один из принципов радиопередачи. Другим принципом является обратный процесс — **детектирование**. При радиоприеме из принятого антенной приемника модулированного сигнала нужно отфильтровать звуковые низкочастотные колебания.

### Задача.

Колебательный контур содержит конденсатор емкостью 800 пФ и катушку индуктивности индуктивностью 2 мкГн. Каков период собственных колебаний контура?

|                                                   |                                                                                                         |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Дано:                                             | Решение:                                                                                                |
| $C = 800 \text{ пФ} = 8 \cdot 10^{-10} \text{ Ф}$ | Формула Томпсона: $L = 2\pi \cdot \sqrt{LC}$                                                            |
| $L = 2 \text{ мкГн} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$ | $L = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{2 \cdot 10^{-6} \cdot 8 \cdot 10^{-10}} = 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ (с)}$ |
| <hr/>                                             | $L = 0,25 \text{ (мкс)}$                                                                                |
| $T = ?$                                           | Ответ: $0,25 \text{ (мкс)}$                                                                             |

**Содержание отчета, форма и правила оформления отчета о выполненной работе:** устное сообщение. Подготовка устного сообщения. Оценка решенных задач.

Цель работы:

- научиться самостоятельно подбирать информацию, систематизировать и оформлять в виде сообщения по заданной теме;
- получить опыт умения публично выступать.

**Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями.**

**Задания к решению:**

1. Сигнал радиолокатора возвратился от объекта через  $3 \cdot 10^{-4}$  с. Какое расстояние до объекта?
2. Чему равна длина волны, излучаемой передатчиком, если период колебаний равен  $0,2 \cdot 10^{-6}$  с?
3. Какова длина волны телевизионного сигнала, если несущая частота равна 50 МГц?
4. Определите период и частоту радиопередатчика, работающего на волне длиной 30 м.
5. Определите частоту и длину волны радиопередатчика, если период его

электрических колебаний равен  $10^{-6}$  с.

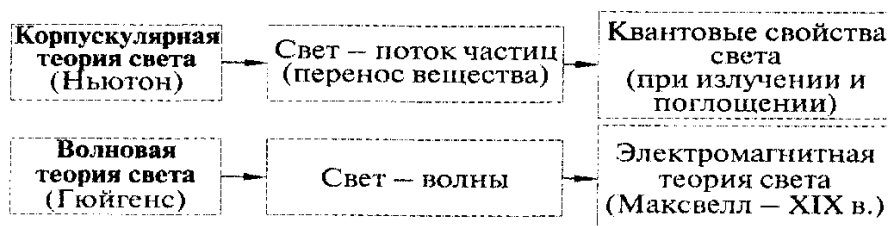
6. Сколько колебаний происходит в электромагнитной волне с длиной волны 300 м за время, равное периоду колебаний с частотой 2000 Гц?

## Практическая работа № 11

### Тема занятия: Природа света.

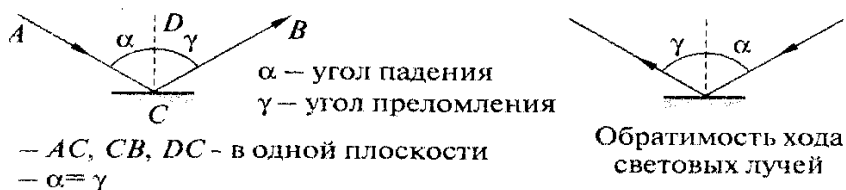
**Цель работы:** закрепить полученные теоретические сведения по теме решением задач, выработать практические навыки по решению задач.

### Теоритическая часть

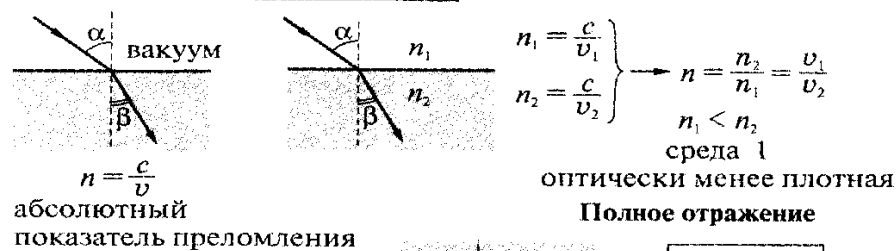
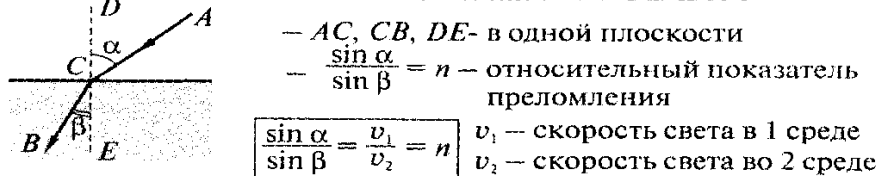


Скорость света в вакууме  $c = 300000$  км/с

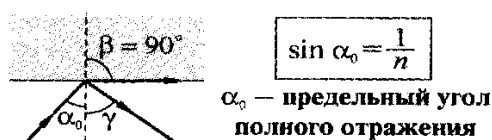
### ЗАКОН ОТРАЖЕНИЯ СВЕТА



### ЗАКОН ПРЕЛОМЛЕНИЯ СВЕТА



### Полное отражение

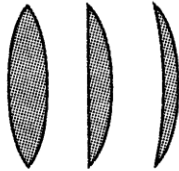


# ЛИНЗА

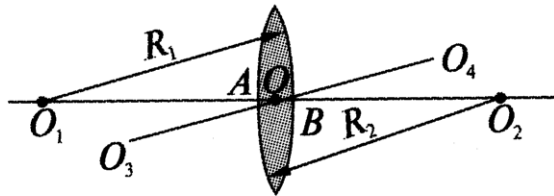
прозрачное тело, ограниченное сферическими поверхностями

## Виды линз

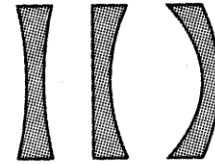
**Собирающие  
линзы  
выпуклые**



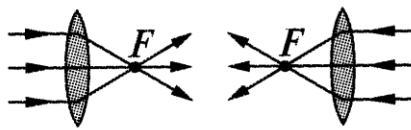
**Тонкая линза:**  
толщина линзы  $AB \ll R_1$  и  $R_2$



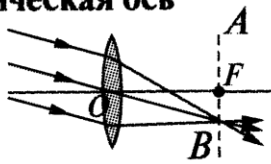
**Рассеивающие  
линзы  
вогнутые**



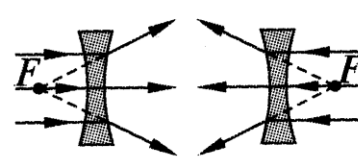
$O$  — оптический центр линзы;  $O_1O_2$  — главная оптическая ось  
 $O_3O_4$  — побочная оптическая ось



$F$   
главный фокус  
линзы



$OF$  — фокусное расстояние  
 $AB$  — фокальная плоскость линзы (мнимый)



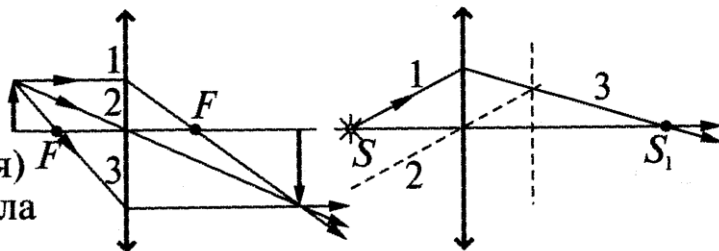
$F$   
главный фокус  
линзы

## Оптическая сила линзы

$$D = \pm \frac{1}{|F|}$$

$[D] = 1$  дптр (диоптрия)  
1 дптр — оптическая сила  
линзы с  $F = 1$  м

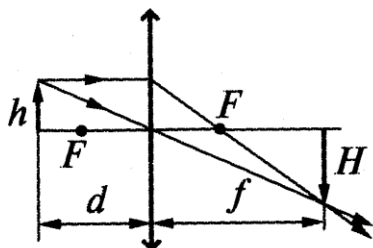
## Построение изображения в линзах



$D > 0$  — линза собирающая;  $D < 0$  — линза рассеивающая

## Формула тонкой линзы

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D$$



## Линейное увеличение линзы ( $\Gamma$ )

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{|f|}{|d|}$$

$H$  — высота изображения  
 $h$  — высота предмета

**Задача.** Свеча находится на расстоянии 12,5 см от собирающей линзы, оптическая сила которой равна 10 дптр. На каком расстоянии от линзы получится изображение и каким оно будет?

Дано:

Решение

$$D=10\text{дптр}$$

$$D=1/d+1/f, 1/f=D-1/d$$

$$d=12,5\text{см}=0,125\text{ м}$$

$$1/f=10-1/0,125=10-8=2$$

$$f=? f=1/2=0,5\text{ м}$$

Ответ: 0,5 м

**Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями.**

**Задания к решению:**

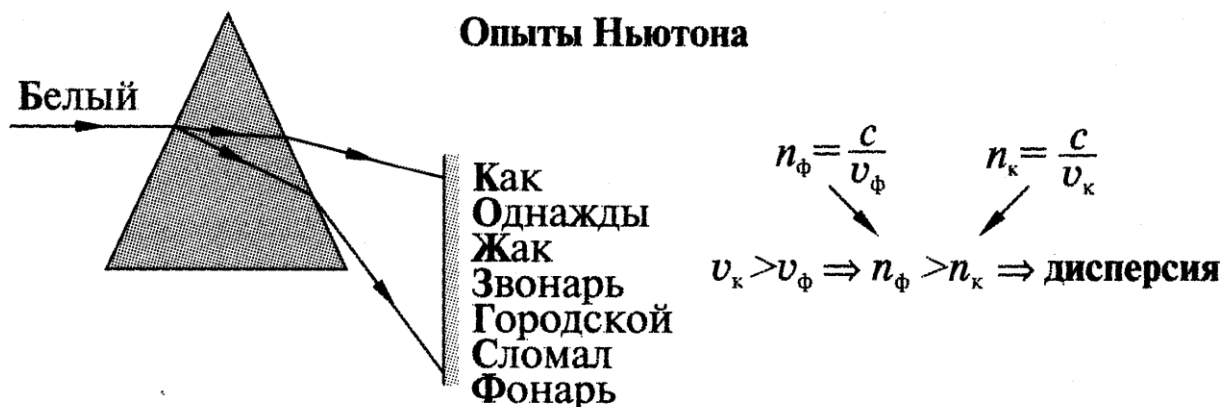
1. Луч от подводного источника света падает на поверхность воды под углом  $25^\circ$ . Определите под каким углом этот луч выйдет в воздух.
2. Оптическая сила линзы равна 5 дптр. Найдите фокусное расстояние линзы.
3. Найти фокусное расстояние, если оптическая сила линзы равна 3,5 дптр.
4. На сколько оптическая сила линзы с фокусным расстоянием  $F_1 = 0,5\text{ м}$  больше оптической силы линзы с фокусным расстоянием  $F_2 = 100\text{ см}$ ?
5. На каком расстоянии от собирающей линзы с фокусным расстоянием 10 см будет находиться изображение предмета, если сам предмет находится на расстоянии 20 см?
6. Скорость распространения луча желтого света в воде 225 000 км/с, а в стекле — 198 200 км/с. Определить показатель преломления стекла относительно воды.
7. Свет длиной волны 600 нм распространяется в воздухе. Найти длину волны в воде.

**Практическая работа № 12**  
**Тема занятия: Волновые свойства света.**

**Цель работы:** закрепить полученные теоретические сведения по теме решением задач, выработать практические навыки по решению задач.

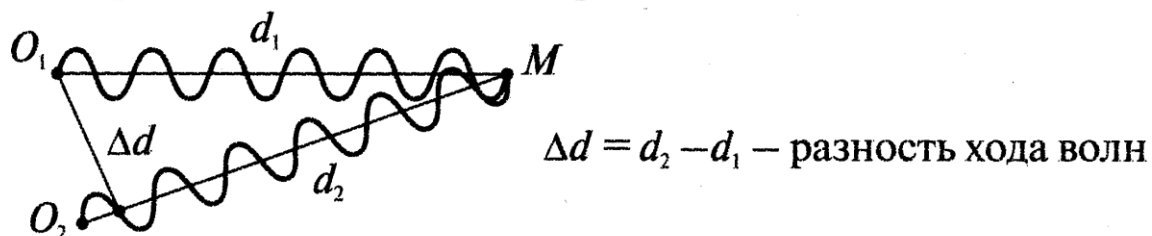
**Теоритическая часть**

**Дисперсия света (Ньютон)**  
*зависимость  $n$  среды от  $\nu$  световой волны*

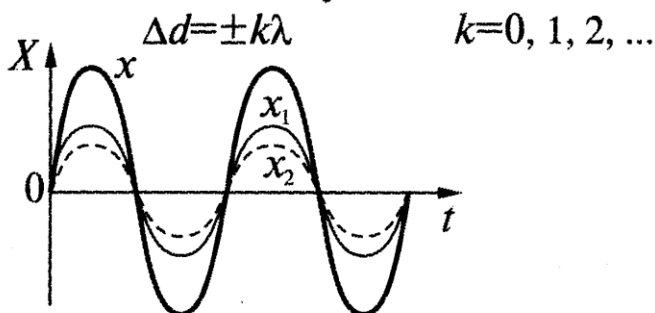


**Интерференция света**  
*перераспределение интенсивности света в результате наложения нескольких когерентных световых волн*

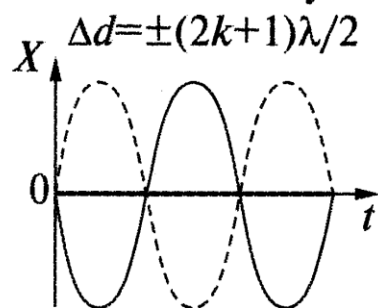
**Когерентные источники волн** — имеют одинаковую  $\nu$  и  $\Delta\varphi = \text{const.}$   
**Когерентные источники  $\Rightarrow$  когерентные волны.**



**Условие максимумов**



**Условие минимумов**



**Дифракция света** - отклонение света от прямолинейного распространения в среде с резкими неоднородностями. Следует обратить внимание на тот факт, что явление дифракции проявляется в том, что при прохождении световой волны в неоднородной среде происходит перераспределение интенсивности - появление мест с большой интенсивностью (максимумов) и малой

интенсивностью (минимумов). Явление дифракции наблюдается для волн любой природы. Трудности наблюдения дифракции световых волн заключаются в том, что вследствие малой длины световой волны интерференционные максимумы располагаются очень близко друг к другу, а их интенсивность быстро убывает.

**Дифракционная решетка** - совокупность параллельных друг другу щелей одинаковой ширины  $a$  и расположенных на одинаковом расстоянии  $b$  друг от друга. Величина  $d = a + b$  называется периодом дифракционной решетки. При рассмотрении дифракции плоской волны, падающей перпендикулярно решетке, необходимо учитывать интерференцию  $N$  световых волн, прошедших через щели. Максимумы света будут наблюдаться под углом  $\varphi$ , определяемым условием

$$d \sin \varphi = k\lambda$$

где  $k$  - порядок максимума,  $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ,  $\varphi$  - угол дифракции.

### Ход работы.

**Задача.** Две когерентные волны фиолетового света  $\lambda = 400$  нм достигают некоторой точки с разностью хода  $\Delta = 1,2$  мкм. Что произойдет в этой точке: усиление или ослабление волн?

Дано:

Решение:  
В данном случае

$$\begin{array}{l} \Delta = 1,2 \text{ мкм} \\ \lambda = 400 \text{ нм} \\ \hline \Delta_2 = ? \end{array}$$

$$\Delta = 3\lambda,$$

следовательно произойдет  
интерференционный максимум.

Ответ:

$$m = 3 \Rightarrow$$

будет наблюдаться максимум освещенности

**Содержание отчета, форма и правила оформления отчета о выполненной работе:** устное сообщение. Подготовка устного сообщения. Оценка решенных задач.

Цель работы:

- научиться самостоятельно подбирать информацию, систематизировать и оформлять в виде сообщения по заданной теме;
- получить опыт умения публично выступать.

**Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями.**

### Задания к решению:

1. Какой наибольший порядок спектра можно видеть в дифракционной решетке, имеющей 500 штрихов на 1 мм, при освещении ее светом с длиной волны 720 нм?
2. Разность хода лучей от двух когерентных источников света с длиной волны 600 нм, сходящихся в некоторой точке, равна  $1,5 \cdot 10^{-6}$  м. Будет ли наблюдаться усиление или ослабление света в этой точке?
3. Дифракционная решетка содержит 100 штрихов на 1 мм длины. Определите длину волны монохроматического света, падающего перпендикулярно на дифракционную решетку, если угол между двумя максимумами первого порядка равен  $8^\circ$ .
4. Две когерентные световые волны красного света ( $\lambda = 760$  нм) достигают некоторой точки с разностью хода 2 мкм. Что произойдет в этой точке: усиление или ослабление волн?
5. Найдите оптическую разность хода плоских монохроматических волн, дающих при прохождении через дифракционную решетку с периодом 3 мкм максимум при угле дифракции  $30^\circ$ .
6. На дифракционную решетку с периодом 3 мкм падает монохроматический свет с длиной волны 650 нм. Чему равен наибольший порядок дифракционного максимума?
7. Дифракционная решетка имеет 50 штрихов на 1 мм длины. Под каким углом виден максимум второго порядка света с длиной волны 400 нм?

### Практическая работа № 13

Тема занятия: Квантовая оптика. Физика атома и атомного ядра.

**Цель работы:** закрепить полученные теоретические сведения по теме решением задач, выработать практические навыки по решению задач.

#### Теоритическая часть

В 1900 г. немецкий физик Макс Планк высказал гипотезу: свет излучается и поглощается отдельными порциями — квантами (или фотонами). Энергия каждого фотона определяется формулой  $E = h\nu$ , где  $h$  — постоянная Планка, равная  $6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж · с,  $\nu$  — частота света. Гипотеза Планка объяснила многие явления: в частности, явление фотоэффекта, открытого в 1887 г. немецким ученым Генрихом Герцем и изученного экспериментально русским ученым А. Г. Столетовым.

*Фотоэффект* — это явление испускания электронов веществом под действием света.

В результате исследований были установлены три закона фотоэффекта:

- а) Сила тока насыщения прямо пропорциональна интенсивности светового излучения, падающего на поверхность тела;
- б) максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с частотой света и зависит от его интенсивности;
- в) если частота света меньше некоторой определенной для данного вещества минимальной частоты, то фотоэффект не происходит.

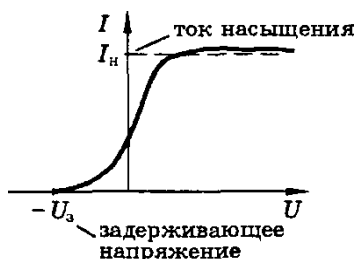


Рис. 1

Зависимость фототока от напряжения показана на рисунке 1.

Теорию фотоэффекта создал немецкий ученый А. Эйнштейн в 1905 г. В основе теории Эйнштейна лежит понятие работы выхода электронов из металла и понятие о квантовом излучении света. По теории Эйнштейна фотоэффект имеет следующее объяснение: поглощая квант света, электрон приобретает энергию  $h\nu$ . При вылете из металла энергия

каждого электрона уменьшается на определенную величину, которую называют **работой выхода** ( $A_{\text{вых}}$ ). Работа выхода — это работа, которую необходимо затратить, чтобы удалить электрон из металла. Максимальная энергия электронов после вылета (если нет других потерь) имеет вид:  $mv^2/2 = h\nu - A_{\text{вых}}$ . Это уравнение носит название **уравнения Эйнштейна**.

Если  $h\nu < A_{\text{вых}}$  то фотоэффект не происходит. Значит, *красная граница фотоэффекта* равна  $\nu_{\min} = A_{\text{вых}}/h$

Приборы, в основе принципа действия которых лежит явление фотоэффекта, называют **фотоэлементами**. Простейшим таким прибором является вакуумный фотоэлемент. Недостатками такого фотоэлемента являются: слабый ток, малая чувствительность к длинноволновому излучению, сложность в изготовлении, невозможность использования в цепях переменного тока. Применяется в фотометрии для измерения силы света, яркости, освещенности, в кино для воспроизведения звука, в фототелеграфах и фототелефонах, в управлении производственными процессами.

**Задача.** Красная граница фотоэффекта для никеля равна 0,257 мкм. Найти длину волны света, падающего на никелевый электрод и начальную скорость вырываемых этим светом фотоэлектронов, если фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов, равной 1,5 В.

*Дано:*  $\lambda_k = 2,57 \cdot 10^{-7} \text{ м}; U_z = 1,5 \text{ В}.$

*Найти:*  $\lambda, v_e.$

*Решение*

Согласно уравнению Эйнштейна для внешнего фотоэффекта, энергия поглощенного кванта тратится на совершение фотоэлектроном работы

выхода  $A$  и придание ему кинетической энергии  $E$ :  $\frac{hc}{\lambda} = A + E.$

Если фотокатод освещать светом с длиной волны, равной красной границе, вся энергия поглощенного фотона идет на совершение работы выхода:

$$\frac{hc}{\lambda_k} = A.$$

Кинетическую энергию фотоэлектронов можно найти через задерживающую разность потенциалов: раз фотоэлектроны задерживаются разностью потенциалов  $U_3$ , то их кинетическая энергия полностью расходуется на работу против сил тормозящего поля, следовательно,  $E = eU_3$ , где  $e$  – заряд электрона.

Тогда уравнение Эйнштейна можно переписать в виде  $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_k} + eU_3$ .

Отсюда найдем длину волны падающего света:  $\lambda = \left( \frac{1}{\lambda_k} + \frac{eU_3}{hc} \right)^{-1}$ .

Подставив численные значения, получим:

$$\lambda = \left( \frac{1}{2,57 \cdot 10^{-7} \text{ м}} + \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 1,5 \text{ В}}{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}} \right)^{-1} = 1,96 \cdot 10^{-7} \text{ м}.$$

Найдем начальную скорость фотоэлектронов:  $E = \frac{m_e v_e^2}{2} = eU_3$ ,

откуда  $v_e = \sqrt{\frac{2eU_3}{m_e}}$ , где  $m_e$  – масса покоя электрона.

Подставляя численные значения, получим:

$$v_e = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 1,5 \text{ В}}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} = 7,26 \cdot 10^5 \text{ м/с}.$$

**Ответ:**  $v_e = 7,26 \cdot 10^5 \text{ м/с}$ .

## Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями.

### Задания к решению:

1. Определите в электронвольтах энергию фотона, соответствующего излучению с частотой  $10^{15}$  Гц.
2. На пластину из никеля падает электромагнитное излучение, энергия фотонов которого равна 9 эВ. При этом в результате фотоэффекта из пластины вылетают электроны с максимальной энергией 4 эВ. Чему равна работа выхода электронов из никеля?
3. К какому виду следует отнести лучи, энергия фотонов которых равна 2,07 эВ?
4. Найдите импульс фотона ультрафиолетового излучения с частотой  $1,5 \cdot 10^{15}$  Гц.
5. Каков импульс фотона, энергия которого равна 3 эВ?

6. Какова красная граница фотоэффекта для золота, если работа выхода электронов равна 4,59 эВ?
7. Работа выхода электронов из цинка равна 4 эВ. Какова скорость фотоэлектронов при освещении цинковой пластины излучением с длиной волны 200 нм?

## Практическая работа № 14

### Тема занятия: Физика атомного ядра.

**Цель работы:** закрепить полученные теоретические сведения по теме решением задач, выработать практические навыки по решению задач.

#### Теоритическая часть

В 1932 г. английский физик Джеймс Чедвик открыл частицы с нулевым электрическим зарядом и единичной массой. Эти частицы назвали **нейтронами**. Обозначается нейтрон  $n$ . После открытия нейтрона физики Д. Д. Иваненко и Вернер Гейзенберг в 1932 г. выдвинули протонно-нейтронную модель атомного ядра. Согласно этой модели ядро атома любого вещества состоит из протонов и нейтронов. (Общее название протонов и нейтронов — нуклоны.) Число протонов равно заряду ядра и совпадает с номером элемента в таблице Менделеева. Сумма числа протонов и нейтронов равна массовому числу. Например, ядро атома кислорода  $^{16}_8\text{O}$  состоит из 8 протонов и  $16 - 8 = 8$  нейтронов. Ядро атома  $^{235}_{92}\text{U}$  состоит из 92 протонов и  $235 - 92 = 143$  нейтронов.

Химические вещества, занимающие одно и то же место в таблице Менделеева, но имеющие разную атомную массу, называются **изотопами**. Ядра изотопов отличаются числом нейтронов. Например, водород имеет три изотопа: протий — ядро состоит из одного протона, дейтерий — ядро состоит из одного протона и одного нейтрона, тритий — ядро состоит из одного протона и двух нейтронов.

Если сравнить массы ядер с массами нуклонов, то окажется, что масса ядра тяжелых элементов больше суммы масс протонов и нейтронов в ядре, а для легких элементов масса ядра меньше суммы масс протонов и нейтронов в ядре. Следовательно, существует разность масс между массой ядра и суммой масс протонов и нейтронов, называемая **дефектом массы**.  $M = M_{\text{я}} - (M_p + M_n)$ .

Так как между массой и энергией существует связь  $E = mc^2$ , то при делении тяжелых ядер и при синтезе легких ядер должна выделяться энергия, существующая из-за дефекта масс, и эта энергия называется **энергией связи атомного ядра**.  $E_{\text{св}} = mc^2$ . Выделение этой энергии может происходить при ядерных реакциях.

**Ядерная реакция** — это процесс изменения заряда ядра и его массы, происходящий при взаимодействии ядра с другими ядрами или элементарными частицами. При протекании ядерных реакций выполняются

законы сохранения электрических зарядов и массовых чисел: *сумма зарядов (массовых чисел) ядер и частиц, вступающих в ядерную реакцию, равна сумме зарядов (массовых чисел) конечных продуктов (ядер и частиц) реакции.*

**Цепная реакция деления** — это ядерная реакция, в которой частицы, вызывающие реакцию, образуются как продукты этой реакции. Необходимым условием для развития цепной реакции деления является требование  $k > 1$ , где  $k$  — коэффициент размножения нейтронов, т. е. отношение числа нейтронов в данном поколении к их числу в предыдущем поколении.

Способностью к цепной ядерной реакции обладает изотоп урана  $^{235}\text{U}$ . При наличии определенных критических параметров (критическая масса — 50 кг, шаровая форма радиусом 9 см) три нейтрона, выделившиеся при делении первого ядра попадают в три соседних, ядра и т. д. Процесс идет в виде цепной реакции, которая протекает за доли секунды в виде ядерного взрыва. Неуправляемая ядерная реакция применяется в атомных бомбах. Впервые решил задачу об управлении цепной реакцией деления ядер физик Энрико Ферми. Им был изобретен ядерный реактор в 1942 г. У нас в стране реактор был запущен в 1946 г. под руководством И. В. Курчатова.

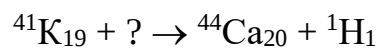
**Задача.** Определить число  $N$  ядер, распадающихся в течение времени: 1)  $t_1=1$  мин; 2)  $t_2=5$  сут. — в радиоактивном изотопе фосфора  $^{32}_{15}\text{P}$  массой  $m=1$  мг.

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m = 1 \text{ мг}$           | Зависимость числа атомов от времени:                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| $t_1 = 1 \text{ мин}$        | $N = N_0 e^{-\lambda t}$                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| $t_2 = 5 \text{ сут}$        | Число распавшихся атомов за время $t$ :                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| $T_{1/2} = 14,3 \text{ сут}$ | $N = N_0 \times (1 - e^{-\lambda t})$ , где $\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$ — постоянная распада, $N_0$ — число атомов начальный момент времени $t=0$ .                                                                                                                                                       |
| $N_1 = ?$                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| $N_2 = ?$                    | По определению $N_0 = m \times N_A / \mu$ , где $m$ — масса образца, $N_A$ — число Авогадро равно $6,023 \times 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ , $\mu$ — молярная масса (в нашем случае $\mu = 32 \text{ г/моль}$ для фосфора).<br>Тогда, собирая все вместе, находим число распавшихся атомов за время $t$ : |
|                              | $N = N_0 \times [1 - \exp(-\lambda \times t)] = \frac{m \times N_A}{\mu} \times \left[ 1 - \exp\left(-t \times \frac{\ln 2}{T_{1/2}}\right) \right].$                                                                                                                                                     |
|                              | Подставляем числа (переводя одновременно все величины в систему СИ).                                                                                                                                                                                                                                      |
|                              | $N_1 = \frac{1 \times 10^{-6} \text{ кг} \times 6,023 \times 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{32 \times 10^{-3} \text{ кг / моль}} \times \left[ 1 - \exp\left(-1 \times 60 \text{ с} \times \frac{0,693}{14,3 \times 24 \times 3600 \text{ с}}\right) \right] =$                                               |
|                              | $= 6,3 \times 10^{14}.$                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                              | $N_2 = \frac{1 \times 10^{-6} \text{ кг} \times 6,023 \times 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{32 \times 10^{-3} \text{ кг / моль}} \times \left[ 1 - \exp\left(-5 \times 24 \times 3600 \text{ с} \times \frac{0,693}{14,3 \times 24 \times 3600 \text{ с}}\right) \right] =$                                   |
|                              | $= 4,1 \times 10^{18}.$                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

### Задания к решению:

1. Написать недостающие обозначения в следующей ядерной реакции:  
$$? + {}^1\text{H}_1 \rightarrow {}^{24}\text{Mg}_{12} + {}^4\text{He}_2$$
2. Написать ядерную реакцию, происходящую при бомбардировке лития  ${}^7\text{Li}_3$  протонами и сопровождающуюся выбиванием нейтронов.
3. Через какое время распадется 80% атомов радиоактивного изотопа хрома  ${}^{51}\text{Cr}_{24}$ , если период полураспада 27,8 суток?
4. Определите энергию связи в ядре атома  ${}^{23}\text{Na}_{11}$ , если масса последнего 22,99714 а.е.м.
5. Написать недостающие обозначения в следующей ядерной реакции:  
$$? + {}^4\text{He}_2 \rightarrow {}^{10}\text{B}_5 + {}^1\text{n}_0$$
6. Через какое время распадется 80% радона, период полураспада которого составляет 3,8 суток?
7. Определите энергию связи ядра атома урана  ${}^{235}\text{U}_{92}$ .
8. Написать недостающие обозначения в следующей ядерной реакции:  
$${}^2\text{H}_1 + \gamma \rightarrow ? + {}^1\text{n}_0$$
9. При бомбардировке бора  ${}^{11}\text{B}_5$  быстро движущимися протонами наблюдается при одинаковых трека образовавшихся частиц. Какие это частицы? Напишите ядерную реакцию.
10. Какая доля радиоактивных ядер изотопа  ${}^{14}\text{C}_6$  распадается за 100 лет, если его период полураспада 5570 лет?
11. Вычислите дефект массы ядра изотопа  ${}^{20}\text{Ne}_{10}$ .
12. Написать недостающие обозначения в следующей ядерной реакции:  
$${}^{65}\text{Zn}_{30} + {}^1\text{n}_0 \rightarrow ? + {}^4\text{He}_2$$
13. Написать недостающие обозначения в следующей ядерной реакции:  
$${}^{198}\text{Hg}_{80} + {}^1\text{n}_0 \rightarrow {}^{198}\text{Au}_{79} + ?$$
14. Определить период полураспада радона, если за одни сутки из  $10^6$  атомов распадается  $1,75 \cdot 10^5$  атомов.
15. Найти дефект масс для ядра  ${}^{59}\text{Co}_{27}$ .

16. Написать недостающие обозначения в следующей ядерной реакции:



17. Во что превратиться  ${}^{238}_{92}\text{U}$  после  $\alpha$ -распада и двух  $\beta$ -распадов?

## Литература

### 1. Основная литература:

1. Палыгина, А. В. Физика [Электронный ресурс] : лабораторный практикум для СПО / А. В. Палыгина. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Профобразование, 2019. — 84 с. — 978-5-4488-0331-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/86155.html>
2. Летута, С. Н. Физика [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. Н. Летута, А. А. Чакак. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2018. — 307 с. — 978-5-7410-1575-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78852.html>
3. Физика. Механические колебания. Сборник задач с решениями [Электронный ресурс] : задачник для СПО / сост. Б. К. Лаптенков. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Профобразование, 2019. — 164 с. — 978-5-4488-0391-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/86468.html>
4. Романова, В. В. Физика. Примеры решения задач [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. В. Романова. — Электрон. текстовые данные. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2018. — 348 с. — 978-985-503-737-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/84903.html>

### 2. Дополнительная литература:

1. Кузнецов С.И. Справочник по физике [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО/ С.И. Кузнецов, К.И. Рогозин — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2018. — 219 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66399.html>. — ЭБС «IPRbooks»
2. Никеров, В.А. Физика для вузов: механика и молекулярная физика : учебник / В.А. Никеров. - Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2017. - 136 с. :табл., граф., схем. - ISBN 978-5-394-00691-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450772>
3. Кузьмичева В.А. Курс лекций по общей физике. Часть I. Механика и молекулярная физика [Электронный ресурс] / В.А. Кузьмичева, О.А. Пономорев. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2019. — 107 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65845.html>

### 3. Интернет-ресурсы:

- [www.alleng.ru/edu/phys.htm](http://www.alleng.ru/edu/phys.htm) - образовательные ресурсы интернета — Физика.  
[www.nuclphys.sinp.msu.ru](http://www.nuclphys.sinp.msu.ru) - ядерная физика в интернете  
[www.school-collection.edu.ru](http://www.school-collection.edu.ru) - единая коллекция цифровых образовательных ресурсов.