

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Бутакова Оксана Стефановна

Должность: директор

Дата подписания: 23.10.2024 08:56:55

Уникальный программный ключ:

92ebe478f3654efe030354ec9c160360cb17a169

Министерство образования и науки Республики Саха (Якутия)

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

Республики Саха (Якутия) «Ленский технологический техникум»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ  
ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

**Дисциплина: ОДП.03 Физика**

**Профессия: Электромонтёр по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по  
отраслям)**

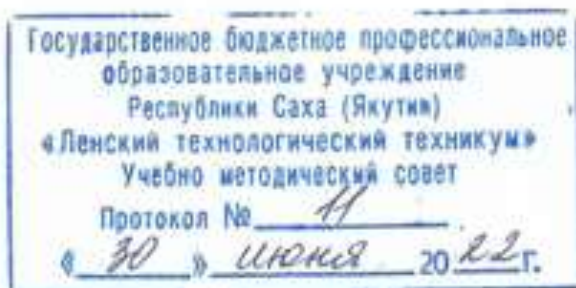
Ленск, 2022

Методические рекомендации по выполнению практических занятий составлены на основе требований Федерального государственного образовательного стандарта по профессии среднего профессионального образования **Электромонтёр по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям)** к содержанию и уровню подготовки выпускника в соответствии учебным планом и рабочей программой дисциплины ОДП.03 «Физика», утвержденных ГБПОУ РС (Я) «Ленский технологический техникум».

## РЕКОМЕНДОВАНО

Учебно-методическим советом

ГБПОУ РС (Я) «Ленский технологический техникум»



## РАССМОТРЕНО

на заседании ПЦК «Общеобразовательных дисциплин»

Протокол № 10 « 17 » июня 2022 г.,

Председатель ПЦК

 /Еремеева Т.С./

(подпись)

Автор: Антонова Ирина Афанасьевна, преподаватель ГБПОУ РС(Я) «Ленский технологический техникум», первой квалификационной категории.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение .....	4
2. Критерии оценки практических работ .....	6
3. Практические работы.....	9
4. Использованная литература.....	116

## Введение

Сборник содержит методические указания по выполнению практических работ по физике

Цель настоящих методических указаний - дать студенту необходимые методические указания по организации и выполнению практических работ в период учебного процесса.

Проведению каждой работы предшествует контроль и подготовка к ней. Для этого по рекомендуемым учебным пособиям, лекциям и настоящему сборнику следует разобраться в содержании заданной практической работы, усвоить основные положения, необходимые для ее выполнения.

Студенты должны проявлять научный и практический интерес к практическим занятиям, строго выполнять учебный график, ставить поисковые вопросы и задачи. Кроме того, студент должен самостоятельно работать с литературой и УМК, а также кратко и четко выражать свои мысли при защите работы.

**В процессе проведения практических работ реализуются комплексная проверка следующих знаний и умений:**

У.1	Описывать и объяснять физические явления и свойства тел Объясняет физические явления и свойства тел с точки зрения науки
У.2	Измерять ряд физических величин, представляя результаты измерений с учетом их погрешностей Измеряет физические величины при выполнении практических работ, вычисляет погрешности, делает выводы. Оценка результатов выполнения практических работ
У.3	Делать выводы на основе экспериментальных данных Применяет законы механики, МКТ, электродинамики и квантовой физики при выполнении практических работ
У.4	Приводить примеры практического использования физических знаний: законов классической, квантовой и релятивистской механики Приводит примеры практического использования физических знаний на практике, в быту
З.1	Знает понятия: материальная точка, поступательное движение, вращательное движение, абсолютно твердое тело; тепловое движение, тепловое равновесие, внутренняя энергия, вещество, атом, атомное ядро, идеальный газ; электрическое взаимодействие, электрический заряд, элементарный электрический заряд, электромагнитное поле, близкое действие, сторонние силы, электродвижущая сила, магнитная индукция, магнитный поток, магнитная проницаемость, термоэлектронная эмиссия, собственная и примесная проводимость, р- н- переход в полупроводниках, электромагнитная индукция, самоиндукция; фотон, атом, атомное ядро, ионизирующее излучение; физическое явление, гипотеза, ионизирующее излучение, планета, звезда, галактика, Вселенная
З.2	Знает физические величины: скорость, ускорение, масса, сила, импульс, механическая работа, механическая энергия; молярная масса, количество вещества, внутренняя энергия, абсолютная температура, средняя кинетическая

	<p>энергия частиц вещества, количество теплоты; элементарный электрический заряд, напряжение, емкость, сила тока, сопротивление, удельное сопротивление, индуктивность, сила Лоренца, сила Ампера; постоянная Планка, Ридберга, радиус стационарной круговой орбиты, Борковский радиус; скорость, ускорение, масса, сила, импульс, механическая работа, механическая энергия; молярная масса, количество вещества, внутренняя энергия, абсолютная температура, средняя кинетическая энергия частиц вещества, количество теплоты; элементарный электрический заряд, напряжение, емкость, сила тока, сопротивление, удельное сопротивление, индуктивность, сила Лоренца, сила Ампера; постоянная Планка, Ридберга, радиус стационарной круговой орбиты, Борковский радиус</p>
3.3	<p>Знает законы: классической механики, всемирного тяготения, сохранения энергии, импульса;  молекулярно-кинетической теории и термодинамики;  электрического заряда, электромагнитной индукции, закона Кулона, электролиза, отражения и преломления света, закона Ома для участка и для полной цепи и правил последовательного и параллельного соединения;  фотоэффекта, постулатов Бора; классической механики, всемирного тяготения, сохранения энергии, импульса;  молекулярно-кинетической теории и термодинамики;  электрического заряда, электромагнитной индукции, закона Кулона, электролиза, отражения и преломления света, закона Ома для участка и для полной цепи и правил последовательного и параллельного соединения;  фотоэффекта, постулатов Бора</p>
3.4	<p>Вклад российских и зарубежных ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие науки  Знает имена и вклад ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие науки</p>

## Критерии оценки практических работ:

### Показатели оценивания практической работы

Наименование ОПОР	25 баллов	20 баллов	15 баллов	10 баллов
1. Владение знаниями терминологии	Знает и понимает термины и определения	Знает и понимает термины и определения, но допускает незначительные ошибки	В целом понимает, но допускает ошибки в знании терминологии и определений, исправляет после замечаний	Не раскрывает содержание термина, неуместно применяет термины
2. Результативность информационного поиска	Информация найдена верно, небольшие недочеты исправляются студентом сразу, помогает в поиске информации одногруппникам	Информация найдена не полная с неточностями, которые студент исправляет самостоятельно	Студент самостоятельно, в срок, с недочетами выполняет задания, с помощью преподавателя делает выводы	Информация найдена не полная с неточностями, которые студент не может исправить без помощи преподавателя
3. Скорость и техничность выполнения заданий	Студент самостоятельно, в срок и верно выполняет задания, делает выводы, помогает одногруппникам	Студент самостоятельно, в срок, с небольшими недочетами выполняет задания, делает выводы, помогает одногруппникам	Студент самостоятельно, в срок, с недочетами выполняет задания, с помощью преподавателя делает выводы	Студент с помощью преподавателя, несвоевременно, с недочетами выполняет задания, с помощью преподавателя делает выводы
4. Оформление заданий	Задания оформляет аккуратно в соответствии с требованиями преподавателя, в соответствии с ГОСТ	Задания оформляет аккуратно, но имеются замечания	Задания выполняет неаккуратно, со значительными замечаниями	Оформление не соответствует требованиям
5. Аргументированность суждений, широта кругозора	В письменной и устной речи приводит примеры, факты, описывает явления, производит сравнения, анализ, делает выводы	В письменной и устной речи приводит примеры, факты, описывает явления, производит сравнения, анализ, делает выводы, но	Приводит примеры, описывает явления, факты, но затрудняется в логическом изложении, анализе, сравнении, выводах	Приводит примеры, факты, описывает явления, не делает выводы, сравнения

		затрудняется в построении логического изложения материала		
6.Поиск, обработка и предоставление информации по изучаемому материалу	Работает с литературой, поисковыми системами, подготовленная информация соответствует темам задания, полно раскрыта, отображена, при необходимости сопровождается наглядностью (схемами, рисунками), предоставляется логично в соответствии с требованиями, даются ссылки на источники	Работает с литературой, поисковыми системами, подготовленная информация соответствует темам задания, полно раскрыта, предоставление информации не в полной мере соответствует требованиям	Недостаточно проведен сбор и обработка информации, предоставление информации не соответствует требованиям	Проведен поиск и сбор информации, тема не раскрыта, или не соответствует заданию
7.Использование учебно-лабораторного оборудования для решения практических задач (измерительные приборы и инструменты)	Знает устройство, назначение, методы работы с учебно-лабораторным оборудованием, производит работы с применением учебно-лабораторного оборудования в соответствии с требованиями и технологией, соблюдает технику безопасности, бережно относится к оборудованию. Может оказать помощь в работе одноклассникам	Знает устройство, назначение, методы работы с учебно-лабораторным оборудованием, но допускает ошибки в работе с учебно-лабораторным оборудованием, соблюдает технику безопасности, бережно относится к оборудованию	Не в полной мере владеет знаниями устройства, назначения, методами работы с учебно-лабораторным оборудованием. Производит работы с замечаниями, соблюдает технику безопасности	Не в полной мере владеет знаниями устройства, назначения, методами работы с учебно-лабораторным оборудованием. Производит работы с нарушением технологии, принципов работы, имеет замечания по технике безопасности
8.Время на выполнение задания	Соблюдение времени и	Превышение времени	Превышение времени	Превышение времени

	подготовки задания, сроков сдачи заданий.	выполнения на 10 %	выполнения на 20%	выполнения на 30 и более %
--	---	--------------------	-------------------	----------------------------

### Методика проведения контроля и критерии оценки работ

Каждая практическая работа выполняется студентами в ходе учебного занятия или во время, отведённое на самостоятельную внеаудиторную работу студента по индивидуальным заданиям после изучения соответствующей темы.

Работа оценивается по пятибалльной системе:

**Оценка 5 (отлично)** выставляется в случаях полного выполнения всего объёма работы, отсутствия существенных ошибок при вычислениях и построениях графиков и рисунков, грамотного и аккуратного выполнения всех заданий, наличия вывода.

**Оценка 4 (хорошо)** выставляется в случае полного при наличии выполнения всего объёма работы и несущественных ошибок при вычислениях и построении графиков и рисунков, не влияющих на общий результат решения.

**Оценка 3 (удовлетворительно)** выставляется в случаях в основном полного выполнения работы при наличии ошибок, которые не оказывают существенного влияния на окончательный результат.

**Оценка 2 (неудовлетворительно)** выставляется в случае, когда допущены принципиальные ошибки (перепутаны формулы, нарушена последовательность вычислений, отсутствует перевод физических величин в систему СИ и т.д.).

В течение всего времени обучения студенту предоставляется возможность повысить результаты усвоения учебной дисциплины путём повторного выполнения другого варианта.



## Практическая работа №1 по теме: Виды движения

**Цель:** Научиться применять основные формулы равноускоренного движения при расчете основных кинематических величин для различных случаев равноускоренного движения.

### Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Получить и выполнить индивидуальные задания.

Практическая работа направлена на овладение следующими знаниями и умениями.

В результате изучения раздела студенты должны:

#### **знать:**

- виды механического движения в зависимости от формы траектории и скорости перемещения тела;
- понятие траектории, пути, перемещения;
- различие классического и релятивистского законов сложения скоростей; относительность понятий длины и промежутков времени.

#### **уметь:**

- формулировать понятия: механическое движение, скорость и ускорение, система отсчета;
- изображать графически различные виды механических движений;
- решать задачи с использованием формул для равномерного и равноускоренного движений.

### Методические указания к выполнению практической работы для студентов:

К выполнению практической работы необходимо подготовиться до начала занятия, используя рекомендованную литературу и конспект лекций.

Студенты обязаны иметь при себе линейку, карандаш, калькулятор, тетрадь.

При подготовке к практической работе, необходимо ответить на предложенные контрольные вопросы.

Теоретическая часть

В векторном виде

В проекциях на ось  $Ox$

В скалярном виде

Равномерное прямолинейное движение

Скорость

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

$$v_x = \frac{\Delta r_x}{t}$$

$$v = \frac{s}{t}$$

Координата (управление движения):

$$x = x_0 + v_x t$$

Равноускоренное прямолинейное движение

Средняя скорость:

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\langle \Delta \vec{r} \rangle}{t}$$

Мгновенная скорость:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} \cdot t$$

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

$$v = v_0 \pm a \cdot t$$

Уравнение скорости:

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

Перемещение:

$$\Delta \vec{r} = \vec{v}_0 \cdot t + \frac{\vec{a} \cdot t^2}{2}$$

$$\Delta r_x = v_{0x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}$$

$$\Delta r = v_0 \cdot t \pm \frac{a \cdot t^2}{2}$$

Координата (уравнение движения):

$$x = x_0 + v_{0x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}$$

Криволинейное движение

Линейная скорость:

$$v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R \nu$$

$$v = \omega R$$

Период:

$$T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\nu}$$

Частота:

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T}$$

Циклическая частота:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \nu$$

Центростремительное ускорение:

$$a_u = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

Примеры решения задач

Пример 1.

Моторная лодка проходит расстояние между А и В за 3 часа, а плот – за 12 часов. Сколько времени затратит моторная лодка на обратный путь?

Дано:

$$t_1 = 3 \text{ ч}$$

$$t_{пл} = 12 \text{ ч}$$

Решение:

Введем следующие обозначения:

L - расстояние между А и В,

$v_p$  - скорость течения реки,

$v_{л}$  - собственная скорость лодки.

$t_2$ -?

Тогда скорость лодки по течению равна  $(v_p + v_{л})$ , против течения -  $(v_p - v_{л})$ . Используя формулу и условие задачи, получим:

$$t_{нл} = \frac{L}{v_p}, \quad (1)$$

$$t_1 = \frac{L}{v_{л} + v_p} \quad (2)$$

$$t_2 = \frac{L}{v_{л} - v_p} \quad (3)$$

Выразим из (1) и (2)  $L$  и приравняем правые части полученных выражений:

$$v_p \cdot t_{нл} = t_1(v_{л} + v_p),$$
$$\frac{v_{л} + v_p}{v_p} = \frac{t_{нл}}{t_1} = \frac{12}{3} = 4, \text{ или } v_p = \frac{v_{л}}{3}.$$

$$\text{Тогда из (3)} \Rightarrow t_2 = \frac{L}{v_{л} - \frac{v_{л}}{3}} = \frac{3L}{2v_{л}} \quad (4)$$

$$\text{Из (1)} \Rightarrow L = t_{нл} \cdot v_p = t_{нл} \cdot \frac{v_{л}}{3}.$$

Подставим полученное выражение для  $L$  в (4):

$$t_2 = \frac{3}{2v_{л}} \cdot t_{нл} \cdot \frac{v_{л}}{3} = \frac{t_{нл}}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ ч.}$$

Ответ:  $t_2 = 6 \text{ ч.}$

Пример 2.

При равноускоренном движении тело прошло в первые два равных последовательных промежутка времени 3 с путь 18 м и 54 м. Найти начальную скорость и ускорение.

Дано:

$$t=3 \text{ с}$$

$$S_1=18 \text{ м}$$

$$S_2=54 \text{ м}$$

Решение:

$$s_1 = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad (1)$$

$$s_2 = v_0' t + \frac{at^2}{2} \quad (2)$$

где  $v_0$  - начальная скорость движения для первого участка пути,  $v_0'$  - для второго участка.

Так как эти участки являются последовательными, то  $v_0'$  является одновременно конечной скоростью для  $S_1$ .

$V_0$ -?

$a$  -?

Следовательно  $v'_0 = v_0 + at$ . (3)

Из (2) и (3)  $\Rightarrow S_2 = (v_0 + at)t + \frac{at^2}{2} = v_0t + at^2 + \frac{at^2}{2}$ .

Вычитая почленно из полученного выражения (1), получаем:

$$s_2 - s_1 = at^2,$$

$$a = \frac{s_2 - s_1}{t^2} = \frac{54 - 18}{3^2} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

$$\text{Из (1)} \Rightarrow v_0 = \frac{s_1}{t} - \frac{at}{2} = \frac{18}{3} - \frac{4 \cdot 3}{2} = 0$$

Ответ:  $a = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}, v_0 = 0$ .

Пример 3.

В последнюю секунду свободного падения тело прошло пятую часть своего пути. С какой высоты оно упало?

Дано:

$$t_1 = 1 \text{ с}$$

$$s = \frac{H}{5}$$

Решение:

Для решения задачи введем обозначения:  $H$  - высота, с которой падает тело,  $t_0$  - время всего полета,  $v_0$  - начальная скорость для участка пути, пройденного в последнюю секунду

$H$  - ?

Применяем формулу, учитывая, что при свободном падении  $a = g$  и заменяя  $S$  на  $H$ :

$$H = \frac{gt_0^2}{2}, \quad (1)$$

$$\frac{H}{5} = v_0t + \frac{gt^2}{2}, \quad (2)$$

где  $t = 1$  с.

Кроме того,  $v_0$  можно выразить как конечную скорость для участка пути, пройденного за время  $(t_0 - t)$ :

$$v_0 = g(t_0 - t).$$

Подставим полученное выражение в (2):

$$\frac{H}{5} = g(t_0 - t). \quad (3)$$

Решая совместно (1) и (3), и учитывая, что  $t = 1$  с, получаем квадратное уравнение

$$t_0^2 - 10t_0 + 5 = 0, \text{ откуда } t_{01} = 9,5 \text{ с}, t_{02} = 0,5 \text{ с}.$$

Условию задачи удовлетворяет только  $t_{01}$ , т.к.  $t_{02} < t$ . Подставим значение  $t_{01}$  в (1):

$$H = \frac{9,8 \cdot (9,5)^2}{2} = 442 \text{ м}$$

Ответ:  $H = 442 \text{ м}$ .

### **1 вариант.**

1. Какую скорость приобретает автобус за 10 с, если он трогается с места с ускорением  $1,2 \text{ м/с}^2$ ?

2. Лыжник начинает спускаться с горы и за 20 с проходит путь 50 м. Определите ускорение лыжника и скорость в конце спуска.

3. При остановке автомобиль за последнюю секунду проехал половину тормозного пути. Определите полное время торможения.

### **2 вариант.**

1. Определите какую скорость развивает велосипедист за 20 с, двигаясь из состояния покоя с ускорением  $0,2 \text{ м/с}^2$ ?

2. Поезд, идущий со скоростью  $36 \text{ км/ч}$ , проходит до остановки путь, равный 100 м. Через сколько времени поезд остановится? С каким ускорением он двигался?

3. Определите ускорение движения тела, если за четвертую секунду с момента начала движения оно проходит путь, равный 7 м.

### **Ключи:**

1 вариант. 1.  $12 \text{ м/с}$ . 2.  $0,25 \text{ м/с}^2$ ,  $5 \text{ м/с}$ . 3.  $1,41 \text{ с}$ .

2 вариант. 1.  $4 \text{ м/с}$ . 2.  $10 \text{ м}$ . 3.  $2 \text{ м/с}^2$ .

### **Критерии оценивания:**

Оценка 5 ставится, если учащиеся выполнили верно 3 задачи, верно записали условие, записали все необходимые и достаточные формулы для решения задачи, верно подставили численные значения, верно провели вычисления по формулам и верно записали ответ с единицами измерения.

Оценка 4 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 2 задачи, в 3 задаче допущены ошибки либо в записи дано, либо в записи формул или вычислениях, либо в преобразовании формул или записи ответа с единицами измерения.

Оценка 3 ставится, если верно и полностью правильно решена и записана 1 задача, во 2 и 3 задачах допущены ошибки либо в записи дано, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 2 ставится, если в каждой из 3 задач допущены какие-либо ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

### Практическая работа №2 по теме: Взаимодействие тел. Законы ньютона

**Цель:** Научиться определять равнодействующую сил действующих на тело, ускорение, скорость, используя основные законы динамики.

#### Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

#### Теоретическая часть

Основная задача динамики — определение положения тела в пространстве в любой момент времени, когда известны действующие на тело силы и заданы начальные координаты и скорость тела.

Сила — векторная физическая величина, являющаяся мерой взаимодействия тел. Сила характеризуется числовым значением (модулем), направлением действия и точкой приложения к телу.

При действии на тело нескольких сил их можно заменить равнодействующей силой  $\vec{F}_p$ , представляющей собой векторную сумму этих сил:

$$\vec{F}_p = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n, \quad \text{или} \quad \vec{F}_p = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i.$$

Масса (инертная) — скалярная физическая величина, характеризующая способность тела сохранять постоянную скорость, если тело не взаимодействует с другими телами или действие других тел скомпенсировано. Масса обладает следующими свойствами:

- 1) масса тела равна сумме масс всех частиц, из которых оно состоит. При соединении двух тел в одно массы этих тел складываются (свойство аддитивности);
- 2) для данной системы тел справедлив закон сохранения массы: при любых процессах, происходящих в системе тел, ее масса остается неизменной (при  $v \ll c$ )

Масса (гравитационная) — скалярная физическая величина, определяющая силу взаимного притяжения тел и обладающая теми же свойствами, что и инертная масса.

Инертная и гравитационная массы характеризуют различные свойства тел, но, как показывает опыт, они всегда эквивалентны (инертная и гравитационная массы одного и того же тела равны).

Основными законами классической динамики являются законы Ньютона. Законы Ньютона следуют из опыта, взаимосвязаны друг с другом, не подчинены друг другу и справедливы только в инерциальных системах отсчета.

Инерциальные системы отсчета (ИСО) — это системы, в которых тело (группы тел), не подверженное действию сил (или действия сил скомпенсированы), находится в покое или движется равномерно и прямолинейно. Система отсчета, движущаяся относительно данной ИСО равномерно и прямолинейно, также является инерциальной. Систему отсчета, связанную с Землей, с большой степенью точности можно считать инерциальной.

Первый закон Ньютона: в инерциальных системах отсчета тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, если на него не действуют другие тела, либо действуют, но это действие скомпенсировано:

$$\vec{F}_p = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{0},$$

значит,  $\vec{v} = \text{const}$ ,  $\vec{a} = 0$ .

Второй закон Ньютона: ускорение, полученное телом в ИСО, прямо пропорционально равнодействующей приложенных к нему сил, обратно пропорционально массе тела:

$$\vec{a} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{F}_i}{m}.$$

Третий закон Ньютона: в ИСО силы взаимодействия между двумя телами имеют одинаковую физическую природу, равны по модулю и направлены вдоль одной прямой в противоположные стороны:

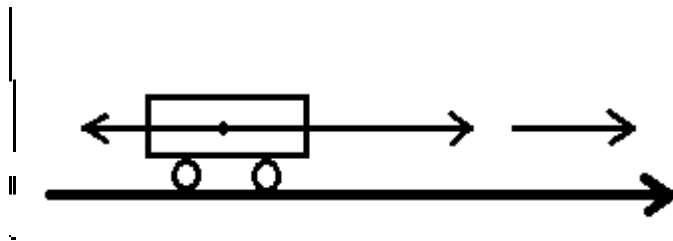
$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Эти силы приложены к разным телам и поэтому не уравновешивают друг друга.

Примеры решения задач

Пример 1.

Какое ускорение сообщит электровоз железнодорожному составу массой 3250т, если при трогании с места он развивает силу тяги 650кН. Сила сопротивления движению 162,5кН.



Дано: С.И. Решение:

$$m=3250\text{т } 3250000\text{кг} \quad \vec{F}_c \quad \vec{F}_{\text{тяги}} \quad \vec{a}$$

$$F_{\text{тяги}}=650\text{кН } 650000\text{Н}$$

$$F_c=162,5\text{кН } 162500\text{Н}$$

$$a=? \quad \vec{F} \quad \vec{m} \quad \vec{a}$$

$$+ = \vec{F}_{\text{тяги}} \quad \vec{F}_c \quad \vec{m} \quad \vec{a}$$

$$F_{\text{тяги}}=F_{\text{тяги}}; F_{\text{сх}}=F_c; a_x=a$$

$$F_{\text{тяги}}-F_c=ma$$

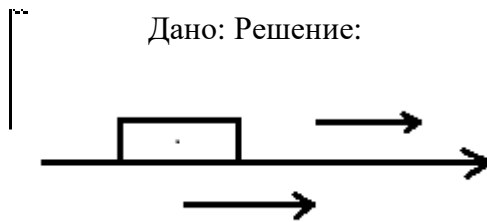
$$a=(F_{\text{тяги}}-F_c)/m;$$

$$a=(650000\text{Н}-162500\text{Н})/3250000\text{кг}=0,15\text{м/с}^2$$

$$\text{Ответ: } a=0,15\text{м/с}^2$$

Пример № 2.

За время, равное 15с от начала движения, трактор прошел 180м. С каким ускорением двигался трактор, и какой путь он пройдет за время, равное 30с?



Дано: Решение:

$$t=15\text{с } S = at^2/2; S_x=S; a_x=a;$$

$$v_0=0 \quad a=2S/t^2$$

$$S=180\text{м} \quad a=2 \cdot 180\text{м}/(15\text{с})^2=1,6\text{м/с}^2$$

$$t_1=30\text{с} \quad S_1=at_1^2/2$$

$$a=? \quad S_1=1,6\text{м/с}^2 \cdot (30\text{с})^2/2=720\text{м}$$

$$S_1=?$$

$$\text{Ответ: } a=1,6\text{м/с}^2; S_1=720\text{м}$$

**1 вариант.**

1. Сила 60 Н сообщает ускорение 0,8 м/с<sup>2</sup>. Какая сила сообщает этому телу ускорение 2 м/с<sup>2</sup>?

2. Трос выдерживает максимальную нагрузку 2,4 кН. С каким ускорением с помощью этого троса можно поднимать груз массой 200 кг, чтобы трос не порвался?

3. Стартовавшая вертикально вверх ракета массой 500 кг за 5 с поднялась на высоту 300 м. Чему равна сила тяги двигателя ракеты, если средняя сила сопротивления воздуха равна 1,5 кН?

**2 вариант.**

1. Под действием некоторой силы тело массой 4 кг приобрело ускорение 2 м/с<sup>2</sup>. Какое ускорение приобретает тело массой 10 кг под действием такой же силы?



2.С помощью подъемного крана поднимают груз массой 1т. Определите силу натяжения троса в начале движения, если груз движется с ускорением  $20 \text{ м/с}^2$ .

3. Определите тормозной путь автомобиля, если в момент начала торможения он имел скорость  $43,2 \text{ км/ч}$ , а коэффициент трения скольжения был равен  $0,6$ .

**Ключи:**

1 вариант: 1.150 Н. 2  $0,18 \text{ м/с}^2$  . 3. 18,5 кН.

2 вариант: 1.0,8  $\text{ м/с}^2$  . 2.  $0,15 \text{ м/с}^2$ . 3. 12 м.

**Критерии оценивания:**

Оценка 5 ставится, если учащиеся выполнили верно 3 задачи, верно записали условие задачи, перевели величины в систему СИ, записали все необходимые и достаточные формулы для решения задачи, верно подставили численные значения, верно провели вычисления по формулам и верно записали ответ.

Оценка 4 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 2 задачи, в 3 задаче допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 3 ставится, если верно и полностью правильно решена и записана 1 задача, во 2 и 3 задачах допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 2 ставится, если в каждой из 3 задач допущены какие-либо ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

**Практическая работа №3 по теме: Законы сохранения в механике**

Цель: Закрепить знания по теме «Законы сохранения в механике», сформировать умения и навыки нахождения физической величины, её вывода из формулы.

Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

Теоретический материал

Сила и импульс:

Механическая работа:

Мощность:

Теорема о кинетической энергии:  $E_{k2} - E_{k1}$ .

Потенциальная энергия:

Закон сохранения энергии в механических процессах:

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}.$$

Примеры решения задач

Пример 1. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить, на какой высоте  $h$  кинетическая энергия тела будет равна его потенциальной энергии.

Решение:

В качестве нулевого уровня выберем уровень связанный с начальным положением тела. Потенциальная энергия тела в момент бросания равна нулю, так как потенциальная энергия является функцией высоты, кинетическая энергия равна  $mv^2/2$ .

В интересующей нас точке кинетическая энергия тела будет равна его потенциальной энергии (по условию задачи)

$$E_k = E_p. \quad (1)$$

Запишем закон сохранения механической энергии (сопротивление среды отсутствует)

$$mv^2/2 = E_k + E_p = E_p + E_p = 2E_p.$$

Здесь мы воспользовались (1)

$$\text{Тогда } mv^2/2 = 2mgh, \text{ или } v^2/(4g) = h$$

После вычисления

$$h = 20^2/(4 \times 10) = 10 \text{ (м)}.$$

Ответ: на высоте 10 м кинетическая энергия тела равна его потенциальной.

Пример 2. Тело массой  $m = 100$  г падает свободно. Определите изменение импульса этого тела за первые две секунды падения.

Решение:

Свободно падая тело через 2 с приобретет скорость

$$v = v_0 + gt = gt.$$

Изменение импульса равно

$$\Delta p = mv - mv_0 = mv = mgt.$$

После вычислений

$$\Delta p = 2 \text{ Н} \times \text{с}.$$

Ответ:  $\Delta p = 2 \text{ Н} \times \text{с}.$

Обратите внимание, что импульс – векторная величина, сначала надо найти проекцию вектора, а уж потом работать со скалярными величинами.

Пример 3. Шарик массой  $m_1=1$  кг.скользит по идеально гладкой поверхности со скоростью  $v_1=4$  м/с и абсолютно упруго сталкивается с таким же по размеру шариком массой  $m_2=3$  кг. Определите скорость шариков после удара?

Решение:

По закону сохранения импульса при абсолютно неупругом ударе  $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{v}'$ .

ОХ:  $m_1v_1 = (m_1 + m_2)v'$

$$v' = \frac{m_1v_1}{(m_1 + m_2)} = 1 \text{ м/с.}$$

Ответ: 1 м/с

### 1 вариант.

1.Какую работу совершает сила тяжести при падении шарика массой 100г с высоты, равной 0,5 м?

2. Из винтовки массой 5 кг вылетает пуля массой 4 г со скоростью 500 м/с. Чему равна скорость отдачи винтовки?

3. С какой начальной скоростью надо бросить вниз мяч с высоты 2 м, чтобы он подпрыгнул на высоту 3,8 м? Потерями энергии при ударе пренебречь.

### 2 вариант.

1.Мяч массой 200 г брошен вертикально вверх и пойман в точке бросания. Найдите работу силы тяжести при движении мяча вверх, если он достиг высоты 3 м.

2.Мальчик массой 30 кг, бегущий со скоростью 2 м/с, вскакивает на неподвижно стоящую платформу массой 10 кг. С какой скоростью начнет двигаться платформа с мальчиком?

3.Мяч бросили вертикально вниз со скоростью 5 м/с. На какую высоту отскочит мяч после удара о пол, если высота, с которой бросили мяч, была равна 2,5 м? Потерями энергии при ударе можно пренебречь.

### Ключи:

1 вариант: 1.0,5 Дж. 2. 0,4 м/с. 3. 6 м/с.

1 вариант: 1.6 Дж. 2. 1,5 м/с. 3. 3,75 м.

### Критерии оценивания:

Оценка 5 ставится, если учащиеся выполнили верно 3 задачи, верно записали условие задачи, перевели величины в систему СИ, записали все необходимые и достаточные формулы для решения задачи, верно подставили численные значения, верно провели вычисления по формулам и верно записали ответ.

Оценка 4 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 2 задачи, в 3 задаче допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 3 ставится, если верно и полностью правильно решена и записана 1 задача, во 2 и 3 задачах допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 2 ставится, если в каждой из 3 задач допущены какие-либо ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

#### **Практическая работа №4 по теме: Размеры и масса молекул и атомов. Количество вещества**

**Цель:** Научиться применять основные формулы раздела «Молекулярная физика» при расчете параметров состояния идеального газа

##### **Порядок выполнения работы:**

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

Теоретическая часть

Газовые законы описывают изменение состояния идеального газа. Иными словами, газовый закон всегда связывает друг с другом параметры начального и конечного состояний идеального газа.

Для идеальных газов справедливы следующие законы:

Закон Бойля — Мариотта описывает изотермический процесс:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \text{ при } T = \text{const}, m = \text{const}$$

Закон Шарля описывает изохорный процесс:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \text{ при } V = \text{const}, m = \text{const}$$

Закон Гей-Люссака описывает изобарный процесс:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ при } p = \text{const}, m = \text{const}$$

Газовые законы являются частными случаями объединенного газового закона:

$$\frac{p_1 V_1}{m_1 T_1} = \frac{p_2 V_2}{m_2 T_2}$$

где  $p_1, V_1, m_1, T_1$  — параметры начального состояния идеального газа;  $p_2, V_2, m_2, T_2$  — параметры конечного состояния идеального газа.

Если в процессе перехода от начального состояния к конечному масса газа не изменяется ( $m_1 = m_2$ ), то объединенный газовый закон имеет вид:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \text{ — уравнение Клапейрона}$$

В общем случае все газовые законы описываются уравнением состояния:

$$pV = \frac{m}{M} RT \text{ — уравнение Клапейрона — Менделеева.}$$

Учитывая, что

$$\frac{m}{M} = \nu, \text{ получим } pV = \nu RT;$$

$$\frac{m}{V} = \rho, \text{ получим } p = \frac{\rho}{M} RT.$$

При решении некоторых задач необходимо знание формулы закона Дальтона:

- давление смеси газов на стенки сосуда равно сумме давлений входящих в него газов

Так как объем, занимаемый каждым компонентом смеси, одинаков, то

$$P_{\text{смеси}} = p_1 + p_2 + \dots + p_n$$

При этом уравнение Клапейрона — Менделеева для смеси газов:

$$P_{\text{смеси}} \cdot V = \left( \frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} + \dots + \frac{m_n}{M_n} \right) \cdot RT.$$

Примеры решения задач

Пример 1.

Газ изотермически сжат от объема 16 л до объема 12 л, давление при этом возросло на 3 кПа. Первоначальное давление газа равно. (в Па).

Дано:

$$T = \text{const}$$

$$v_1 = 16 \text{ л}$$

$$v_2 = 12 \text{ л}$$

$$\Delta P = 3 \text{ кПа} = 3 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Решение:

По закону Бойля-Мариотта:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_2 = \frac{V_1}{V_2} P_1 \Rightarrow P_2 = \frac{4}{3} P_1$$

По условию задачи:

$$P_2 - P_1 = 3 \cdot 10^3$$

Получаем 2 уравнения:

$$P_1 - ?$$

$$\begin{cases} P_2 = \frac{4}{3}P_1 \\ P_2 - P_1 = 3 \cdot 10^3 \end{cases}$$

Пример 2.

Средняя квадратичная скорость молекул азота 600 м/с. Если его давление 0,28 МПа, то концентрация молекул равна...

Дано:

$$\vec{v} = 600 \text{ м/с}$$

$$P = 0,28 \text{ МПа} = 28 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$\mu = 28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

Решая систему 2-х уравнений, получаем:

$$\frac{4}{3}P_1 - P_1 = 3 \cdot 10^3$$

$$\frac{1}{3}P_1 = 3 \cdot 10^3$$

$$P_1 = 9 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\text{Ответ: } P_1 = 9 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Зная число Авогадро, массу одной молекулы  $m_0$  выразим как:

$$m_0 = \frac{\mu}{N_A} \text{ и подставим в основное}$$

уравнение молекулярно-кинетической теории:

$$n - ?$$

Решение:

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории:

$$P = \frac{1}{3} \frac{n\mu}{N_A} \vec{v}^2, \quad n = \frac{3PN_A}{\mu v^2}$$

$$n = \frac{3 \cdot 28 \cdot 10^4 \cdot 6 \cdot 10^{23}}{28 \cdot 10^{-3} \cdot 600^2} = 5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$$

$$\text{Ответ: } n = 5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$$

$$P = \frac{1}{3} n m_0 \vec{v}^2$$

Пример 3.

В комнате объемом 50 м<sup>3</sup> находится воздух при температуре 20°C и давлении 10<sup>5</sup>Па. Если температура воздуха повышается до 25°C, то через открытую форточку выйдет масса воздуха, равная ... (в кг).

Дано:

$$V = 40 \text{ м}^3$$

$$T_1 = 20^\circ \text{C} = 293 \text{ K}$$

$$T_2 = 25^\circ \text{C} = 298 \text{ K}$$

Решение:

Уравнение Клапейрона-Менделеева для воздуха при двух разных температурах:

$$PV = \frac{m_1}{\mu} RT_1, \quad PV = \frac{m_2}{\mu} RT_2,$$

$$m_1 = \frac{PV\mu}{RT_1}; \quad m_2 = \frac{PV\mu}{RT_2},$$

$$m_1 - m_2 = \frac{PV\mu}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$\Delta m = ?$

Пример 4.

Если газ массой 16 г при давлении 1МПа и температуре 112 °С занимает объем 1,6 л, то какой это газ.

Дано:

$$m = 16 \text{ г} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$P = 1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па}$$

$$T = 112 + 273 = 385 \text{ К}$$

$$V = 1,6 \text{ л} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Решение:

Молярную массу воздуха берем из справочных таблиц

$$\mu = 0,029 \text{ кг/моль:}$$

$$\Delta m = \frac{10^5 \cdot 50 \cdot 0,029}{8,3} \cdot \left( \frac{1}{293} - \frac{1}{298} \right) = 1 \text{ кг}$$

Ответ:  $\Delta m = 1 \text{ кг}$

Определить газ можно по его молярной массе.

Из уравнения Клапейрона-Менделеева молярная масса газа:

$$\mu = \frac{mRT}{PV}$$

Подставляем значения термодинамических параметров, выраженных в системе СИ:

$\mu = ?$

$$\mu = \frac{16 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot 385}{1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 10^6} \approx 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

Ответ: кислород

### Вариант 1

1. Какой объем занимают 50 моль кислорода? (Плотность кислорода 1,43 кг/м<sup>3</sup>).
2. Найти температуру газа при давлении 100кПа и концентрации молекул  $10^{25} \text{ м}^{-3}$ .
3. Какую массу имеют  $2 \cdot 10^{23}$  молекул азота?
4. Определите температуру газа, если средняя кинетическая энергия поступательного движения его молекул  $6,21 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$ .

### Вариант 2

1. Определите число атомов в 1м<sup>3</sup> меди. Молярная масса равна 0,0635 кг/моль, плотность 9000кг/м<sup>3</sup>.
2. Определите концентрацию молекул водорода при давлении 100кПа, если среднее значение скорости теплового движения молекул равно 450м/с.
3. Плотность алмаза 3500кг/м<sup>3</sup>. Какой объем займут  $10^{22}$  атомов этого вещества?

4. Какова скорость теплового движения молекул, если при давлении 250кПа газ массой 8кг занимает объем 15м<sup>3</sup>?

#### **Критерии оценивания:**

Оценка 5 ставится, если учащиеся выполнили верно 4 задачи, верно записали условие задачи, перевели величины в систему СИ, записали все необходимые и достаточные формулы для решения задачи, верно подставили численные значения, верно провели вычисления по формулам и верно записали ответ.

Оценка 4 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 3 задачи, в 4 задаче допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 3 ставится, если верно и полностью правильно решена и записана 2 задача, во 3 и 4 задачах допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 2 ставится, если в каждой из 4 задач допущены какие-либо ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

#### **Практическая работа №5 по теме: Связь между давлением и средней кинетической энергией молекул газа. Уравнение состояния идеального газа**

Идеальный газ – это газ, взаимодействие между молекулами которого пренебрежимо мало. ( $E_k \gg E_p$ )

Идеальный газ – это модель, придуманная учеными для познания газов, которые мы наблюдаем в природе реально. Она может описывать не любой газ. Не применима, когда газ сильно сжат, когда газ переходит в жидкое состояние. Реальные газы ведут себя как идеальный, когда среднее расстояние между молекулами во много раз больше их размеров, т.е. при достаточно больших разрежениях.

Свойства идеального газа:

1. расстояние между молекулами много больше размеров молекул;
2. молекулы газа очень малы и представляют собой упругие шары;
3. силы притяжения стремятся к нулю;
4. взаимодействия между молекулами газа происходят только при соударениях, а соударения считаются абсолютно упругими;
5. молекулы этого газа двигаются беспорядочно;
6. движение молекул по законам Ньютона.



Состояние некоторой массы газообразного вещества характеризуют зависимыми друг от друга физическими величинами, называемыми параметрами состояния. К ним относятся объем  $V$ , давление  $p$  и температура  $T$ .

Объем газа обозначается  $V$ . Объем газа всегда совпадает с объемом того сосуда, который он занимает. Единица объема в СИ  $\text{м}^3$ .

Давление – физическая величина, равная отношению силы  $F$ , действующей на элемент поверхности перпендикулярно к ней, к площади  $S$  этого элемента.

$$p = F/S \quad \text{Единица давления в СИ паскаль [Па]}$$

До настоящего времени употребляются внесистемные единицы давления:

*техническая атмосфера* 1 ат = 9,81·10<sup>4</sup> Па;

*физическая атмосфера* 1 атм = 1,013·10<sup>5</sup> Па;

*миллиметры ртутного столба* 1 мм рт. ст. = 133 Па;

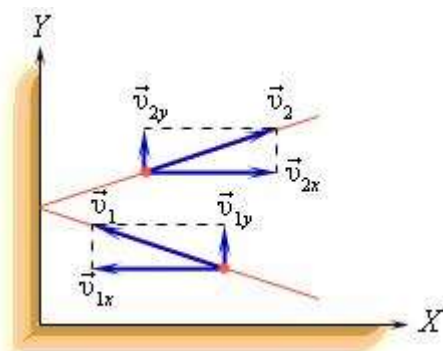
1 атм = = 760 мм рт. ст. = 1013 гПа.

Как возникает давление газа? Каждая молекула газа, ударяясь о стенку сосуда, в котором она находится, в течение малого промежутка времени действует на стенку с определенной силой. В результате беспорядочных ударов о стенку сила со стороны всех молекул на единицу площади стенки быстро меняется со временем относительно некоторой (средней) величины.

Давление газа возникает в результате беспорядочных ударов молекул о стенки сосуда, в котором находится газ.

Используя модель идеального газа, можно вычислить давление газа на стенку сосуда.

В процессе взаимодействия молекулы со стенкой сосуда между ними возникают силы, подчиняющиеся третьему закону Ньютона. В результате проекция  $v_x$  скорости молекулы, перпендикулярная стенке, изменяет свой знак на противоположный, а проекция  $v_y$  скорости, параллельная стенке, остается неизменной.



Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.

Основное уравнение МКТ: давление идеального газа пропорционально произведению массы молекулы, концентрации молекул и среднему квадрату скорости движения молекул

$$p = 1/3 \cdot m_0 \cdot n \cdot v^2$$

$m_0$  - масса одной молекулы газа;

$n = N/V$  – число молекул в единице объема, или концентрация молекул;

$v^2$  - средняя квадратичная скорость движения молекул.

Так как средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул  $E = m_0 \cdot v^2/2$ , то домножив основное уравнение МКТ на 2, получим  $p = 2/3 \cdot n \cdot (m_0 \cdot v^2)/2 = 2/3 \cdot E \cdot n$

$$p = 2/3 \cdot E \cdot n$$

*Давление газа равно 2/3 от средней кинетической энергии поступательного движения молекул, которые содержатся в единичном объеме газа.*

Так как  $m_0 \cdot n = m_0 \cdot N/V = m/V = \rho$ , где  $\rho$  – плотность газа, то имеем  $p = 1/3 \cdot \rho \cdot v^2$

Объединенный газовый закон.

*Макроскопические величины, однозначно характеризующие состояние газа, называют термодинамическими параметрами газа.*

*Важнейшими термодинамическими параметрами газа являются его объем  $V$ , давление  $p$  и температура  $T$ .*

*Всякое изменение состояния газа называется термодинамическим процессом.*

*В любом термодинамическом процессе изменяются параметры газа, определяющие его состояние.*

*Соотношение между значениями тех или иных параметров в начале и конце процесса называется газовым законом.*

*Газовый закон, выражающий связь между всеми тремя параметрами газа называется объединенным газовым законом.*

$$p = nkT$$

Соотношение  $p = nkT$  связывающее давление газа с его температурой и концентрацией молекул, получено для модели идеального газа, молекулы которого взаимодействуют между собой и со стенками сосуда только во время упругих столкновений. Это соотношение может быть записано в другой форме, устанавливающей связь между макроскопическими параметрами газа – объемом  $V$ , давлением  $p$ , температурой  $T$  и количеством вещества  $\nu$ . Для этого нужно использовать равенства

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

где  $n$  – концентрация молекул,  $N$  – общее число молекул,  $V$  – объем газа

Тогда получим  $p = \frac{N}{V} kT$  или  $p \frac{V}{T} = Nk$

Так как при постоянной массе газа  $N$  остается неизменным, то  $Nk$  – постоянное число, значит

$$\frac{pV}{T} = \text{const}$$

При постоянной массе газа произведение объема на давление, деленное на абсолютную температуру газа, есть величина одинаковая для всех состояний этой массы газа.

Уравнение, устанавливающее связь между давлением, объемом и температурой газа было получено в середине XIX века французским физиком Б. Клапейроном и часто его называют уравнением Клайперона.

Уравнение Клайперона можно записать в другой форме.

$$p = nkT,$$

учитывая, что

$$n = \frac{N}{V} = \frac{\nu N_A}{V} = \frac{m}{M} \frac{N_A}{V}$$

Здесь  $N$  – число молекул в сосуде,  $\nu$  – количество вещества,  $N_A$  – постоянная Авогадро,  $m$  – масса газа в сосуде,  $M$  – молярная масса газа. В итоге получим:

$$pV = \nu N_A kT = \frac{m}{M} N_A kT.$$

Произведение постоянной Авогадро  $N_A$  на постоянную Больцмана  $k$  называется универсальной (молярной) газовой постоянной и обозначается буквой  $R$ .

Ее численное значение в СИ  $R = 8,31$  Дж/моль·К

Соотношение

$$pV = \nu RT = \frac{m}{M} RT$$

называется уравнением состояния идеального газа.

В полученной нами форме оно было впервые записано Д. И. Менделеевым. Поэтому уравнение состояния газа называется уравнением Клапейрона–Менделеева.

Для одного моля любого газа это соотношение принимает вид:  $pV=RT$

Установим физический смысл молярной газовой постоянной. Предположим, что в некотором цилиндре под поршнем при температуре  $T$  находится 1 моль газа, объем которого  $V$ . Если нагреть газ изобарно (при постоянном давлении) на 1 К, то поршень поднимется на высоту  $\Delta h$ , а объем газа увеличится на  $\Delta V$ .

Запишем уравнение  $pV=RT$  для нагретого газа:  $p(V + \Delta V) = R(T + 1)$  и вычтем из этого равенства уравнение  $pV=RT$ , соответствующее состоянию газа до нагревания. Получим  $p\Delta V = R$

$\Delta V = S\Delta h$ , где  $S$  – площадь основания цилиндра. Подставим в полученное уравнение:

$$pS\Delta h = R$$

$pS = F$  – сила давления.

Получим  $F\Delta h = R$ , а произведение силы на перемещение поршня  $F\Delta h = A$  – работа по перемещению поршня, совершаемая этой силой против внешних сил при расширении газа.

Таким образом,  $R = A$ .

Универсальная (молярная) газовая постоянная численно равна работе, которую совершает 1 моль газа при изобарном нагревании его на 1 К.

### Вариант 1

1. Газ, при давлении 750 кПа и температуре 293 К занимает объём 836 л. Каким будет давление, если тот же газ при температуре 53 °С займёт объём 785 л?
2. Найти объём водорода массой 1 кг при температуре 27 °С и давлении 100 кПа.
3. Сосуд, содержащий 5 л воздуха при давлении 100 кПа, соединяют с пустым сосудом вместимостью 4,5 л. Какое давление установится в сосудах, если температура не меняется?
4. При какой температуре давление 250 л азота равно 125 кПа, если при нормальных условиях этот же газ занимает объём 120 л?
5. Найти массу 5 л кислорода при давлении 250 кПа и температуре 50 °С.

### Вариант 2

1. Газ занимал объём 15 л. Его охладили на 35 К, и объём его стал равен 13,5 л. Какова была первоначальная температура газа?
2. Найти давление водяного пара в баллоне ёмкостью 10 л при температуре 60 °С.
3. Газ, при давлении 850 кПа и температуре 293 К занимает объём 830 л. Каким будет давление, если тот же газ при температуре 53 °С займёт объём 750 л?
4. Найти объём водорода массой 1 кг при температуре 27 °С и давлении 150 кПа.
5. Сосуд, содержащий 5 л воздуха при давлении 100 кПа, соединяют с пустым сосудом вместимостью 4,5 л. Какое давление установится в сосудах, если температура не меняется?

### Вариант 3

1. При какой температуре давление 250 л азота равно 125 кПа, если при нормальных условиях этот же газ занимает объём 120 л?
2. Найти массу 5 л кислорода при давлении 250 кПа и температуре 50 °С.

3. Газ занимал объем 15 л. Его охладили на 35 К, и объем его стал равен 13,5 л. Какова была первоначальная температура газа?
4. Найти давление водяного пара в баллоне ёмкостью 10 л при температуре 60 °С.
5. Газ, при давлении 750 кПа и температуре 293 К занимает объем 836 л. Каким будет давление, если тот же газ при температуре 53 °С займёт объем 785 л?

### **Критерии оценивания:**

Оценка 5 ставится, если учащиеся выполнили верно 5 задачи, верно записали условие задачи, перевели величины в систему СИ, записали все необходимые и достаточные формулы для решения задачи, верно подставили численные значения, верно провели вычисления по формулам и верно записали ответ.

Оценка 4 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 4 задачи, в 5 задаче допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 3 ставится, если верно и полностью правильно решена и записана 3 задача, во 4 и 5 задачах допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 2 ставится, если в каждой из 5 задач допущены какие-либо ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

## **Практическая работа №6 по теме: Основы термодинамики**

**Цель:** систематизировать знания по разделу «Основы термодинамики», научиться применять систему знаний на расчет величин, описывающих первый закон термодинамики и процессы, происходящие в тепловых двигателях; приобрести опыт решения задач по данной теме.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач.
2. Рассмотреть примеры решения задач.
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

### **Теоретическая часть**

#### ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА.

Внутренняя энергия идеального газа есть кинетическая энергия движения молекул

$$U_{в.г.} = \frac{3}{2}NkT$$

Внутренняя энергия идеального газа - это функция состояния. Она зависит только от состояния газа, а не от пути, по которому он приведён в данное состояние.

### ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ.

Закон сохранения энергии в применении к тепловым явлениям называют первым законом термодинамики.

Количество теплоты, сообщенное системе, идет на изменение ее внутренней энергии и на совершение работы над внешними телами.

$$Q = \Delta U + A$$

### ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ.

#### ИЗОХОРНЫЙ ПРОЦЕСС:

$$V = \text{const} \quad Q_v = \Delta U$$

#### ИЗОБАРНЫЙ ПРОЦЕСС:

$$p = \text{const} \quad Q_p = \Delta U + A$$

при этом:

$$A = p\Delta V$$

#### ИЗОТЕРМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС:

$$T = \text{const} \quad Q_T = A$$

#### АДИАБАТНЫЙ ПРОЦЕСС.

Адиабатным называется процесс, при котором система не получает и не отдает энергию посредством теплопередачи, т.есть

$$Q_{ад} = 0 \quad A = -\Delta U$$

#### КПД ТЕПЛОВОГО ДВИГАТЕЛЯ:

$$\eta = \frac{A}{Q}$$

КПД реального теплового двигателя равен

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < 1$$

$Q_1$  - количество теплоты, отнятое у нагревателя,  $Q_2$  - количество теплоты, переданное холодильнику.

### ИДЕАЛЬНЫЙ ТЕПЛОВОЙ ДВИГАТЕЛЬ. ЦИКЛ КАРНО.

При цикле Карно максимальный КПД теплового двигателя вычисляется по формуле:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$T_1$  - температура нагревателя,  $T_2$  - температура холодильника в кельвинах.

### Примеры решения задач.

**Пример 1.** При подведении к идеальному газу количества теплоты 125 кДж газ совершает работу 50 кДж против внешних сил. Чему равна конечная внутренняя энергия газа, если его энергия до подведения количества теплоты была равна 220 кДж?

Дано:

$$U_0 = 220 \text{ кДж}$$

$$A_{\text{вн}} = 50 \text{ кДж}$$

$$Q = 125 \text{ кДж}$$

$$U - ?$$

Решение:

Согласно первому закону термодинамики:

$$\Delta U = A_{\text{вн}} + Q.$$

Поскольку  $U = U_0 + \Delta U$ , то конечная внутренняя энергия газа

$$U = U_0 + Q + A_{\text{вн}} = 220 + 125 + 50 = 295 \text{ кДж.}$$

Ответ: 295 Дж

**Пример 2.** Какой должна быть температура нагревателя, для того, чтобы в принципе стало возможным достижение значения КПД тепловой машины 80%, если температура холодильника 27 0С?

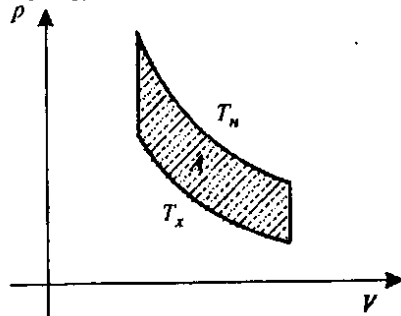
Дано:

$$\eta_{\text{max}} = 80\%$$

$$T_x = 300 \text{ К} = 3 \cdot 10^2 \text{ К}$$

$$T_n - ?$$

Решение:



$$\eta_{\text{max}} = \frac{T_n - T_x}{T_n} \cdot 100\%,$$

где  $T_n$  - температура нагревателя,  $T_x$  - температура холодильника.

$$\frac{\eta_{\text{max}}}{100\%} = 1 - \frac{T_x}{T_n}.$$

$$T_n = \frac{T_x}{1 - \frac{\eta_{\text{max}}}{100\%}}.$$

$$T_n = \frac{T_x \cdot 100\%}{100\% - \eta_{\text{max}}},$$

$$T_n = \frac{3 \cdot 10^2 \cdot 100}{100 - 80} \text{ К}; T_n = 1,5 \cdot 10^3 \text{ К} = 1500 \text{ К.}$$

### Вариант 1

1. На сколько изменится внутренняя энергия гелия массой 300 г при увеличении температуры на  $25^{\circ}\text{C}$ ?
2. Сколько нужно сжечь керосина, чтобы получить  $4,6 \cdot 10^9$  Дж теплоты?
3. Сколько стали, взятой при  $20^{\circ}\text{C}$ , можно расплавить в печи с КПД 50%, сжигая 2 т каменного угля?
4. Какой должна быть температура нагревателя, для того чтобы в принципе стало возможным достижение значения КПД тепловой машины 80%, если температура холодильника  $27^{\circ}\text{C}$ ?
5. Охарактеризуйте принцип работы двигателя внутреннего сгорания.

### Вариант 2

1. Какова внутренняя энергия 15 моль одноатомного газа при  $17^{\circ}\text{C}$ ?
2. Сколько нужно затратить энергии, чтобы расплавить при температуре плавления 700 г алюминия? 1,5 кг свинца?
3. Сколько дров надо сжечь в печке с КПД 50%, чтобы получить из 100 кг снега, взятого при температуре  $-15^{\circ}\text{C}$ , воду при температуре  $25^{\circ}\text{C}$ ?
4. В цилиндре двигателя внутреннего сгорания при работе образуются газы, температура которых  $727^{\circ}\text{C}$ . Температура отработанного газа  $100^{\circ}\text{C}$ . Определить максимальный КПД двигателя.
5. Охарактеризуйте принцип работы дизельного двигателя.

### Вариант 3

1. Сравнить внутренние энергии гелия и кислорода при одинаковой температуре. Массы газов одинаковы.
2. Определите количество теплоты, необходимое для превращения в пар 7 кг спирта.
3. В сосуде находилось 500 г воды и такое же количество льда при  $0^{\circ}\text{C}$ . Сколько водяного пара при  $100^{\circ}\text{C}$  было впущено в воду, если весь лед растаял и температура в сосуде установилась  $30^{\circ}\text{C}$ ?
4. В процессе работы тепловой машины за некоторое время рабочим телом было получено от нагревателя количество теплоты  $1,5 \cdot 10^6$  Дж, передано холодильнику  $-1,2 \cdot 10^6$  Дж. Вычислите КПД машины.
5. Охарактеризуйте принцип действия паровой турбины.



#### Вариант 4

1. На сколько изменится внутренняя энергия кислорода массой 128 г при увеличении температуры на  $15^{\circ}\text{C}$ ?
2. Сколько нужно сжечь дров, чтобы выделилось количество теплоты 45 МДж?
3. Выполняя лабораторную работу, ученик впустил в калориметр, содержащий 350 г воды при  $10^{\circ}\text{C}$ , пар при  $100^{\circ}\text{C}$ . В результате температура воды поднялась до  $42^{\circ}\text{C}$ . Какое значение удельной теплоты парообразования получится по данным этого опыта, если масса воды увеличилась на 20 г?
4. Вычислите максимально возможный КПД тепловой машины, если температуры нагревателя и холодильника соответственно равны  $250^{\circ}\text{C}$  и  $30^{\circ}\text{C}$ ?
5. Охарактеризуйте принцип действия реактивных двигателей.

#### Критерии оценивания:

Оценка 5 ставится, если учащиеся выполнили верно 5 задачи, верно записали условие задачи, перевели величины в систему СИ, записали все необходимые и достаточные формулы для решения задачи, верно подставили численные значения, верно провели вычисления по формулам и верно записали ответ.

Оценка 4 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 4 задачи, в 5 задаче допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 3 ставится, если верно и полностью правильно решена и записана 3 задача, во 4 и 5 задачах допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 2 ставится, если в каждой из 5 задач допущены какие-либо ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

#### Практическая работа №7 по теме: Свойства паров, жидкостей и твердых тел

**Цель:** Закрепить знания по теме «Взаимные превращения жидкостей, газов и твердых тел», сформировать умения и навыки нахождения физической величины, её вывода из формулы.

#### Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач.
2. Рассмотреть примеры решения задач.
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

## Теоретическая часть

1. Количество теплоты, необходимое для нагревания тела:

$$Q = cm(t_2 - t_1), \text{ c - удельная теплоемкость вещества}$$

2. Количество теплоты, необходимое для плавления:

$$Q = \lambda m \text{ (при } t = t_{\text{плавл}}), (\lambda - \text{удельная теплота плавления)}$$

3. Количество теплоты, необходимое для парообразования:

$$Q = Lm \text{ (при } t = t_{\text{кип}}), (L - \text{удельная теплота парообразования)}$$

4. Количество теплоты, выделяемое при сгорании топлива:

$$Q = qm, (q - \text{удельная теплота сгорания топлива}).$$

Процессы теплообмена в замкнутой системе тел могут приводить к охлаждению одних тел, нагреванию других, изменению фазового состояния тел системы. Однако при любых процессах в таких системах полное количество тепла остается неизменным. Поэтому выполняется закон сохранения энергии, называемой в этом случае тепловым балансом: количество тепла, отданное всеми остывшими телами, равно количеству тепла, полученному всеми нагревающимися телами.

Если в замкнутой системе участвуют в теплообмене три тела, то уравнение теплового баланса в общем виде запишется так:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0.$$

При решении задачи необходимо выяснить, какие тела отдают энергию (выражение для количества теплоты берется со знаком «минус»), а какие получают (количество теплоты для этих тел берется со знаком «плюс»).

### Примеры решения задач

Пример 1. В калориметре находится лёд массой 1 кг при температуре  $t_1 = -40$  °С. В калориметр пускают пар массой 1 кг при температуре  $t_2 = 120$  °С. Определите установившуюся температуру и фазовое состояние системы. Нагреванием калориметра пренебрегите. ( $c_{\text{л}} = 2,1 \cdot 10^3$  Дж/(кг · К),  $c_{\text{в}} = 4,2 \cdot 10^3$  Дж/(кг · К),  $c_{\text{п}} = 2,2 \cdot 10^3$  Дж/(кг · К),  $\lambda_{\text{л}} = 3,3 \cdot 10^5$  Дж/кг,  $r_{\text{п}} = 2,26 \cdot 10^6$  Дж/кг.)

Р е ш е н и е. Прежде чем составлять уравнение теплового баланса,  $|Q_{\text{отд}}| = Q_{\text{пол}}$ , оценим, какое количество теплоты могут отдать одни элементы системы, а какое количество теплоты могут получить другие. Очевидно, что тепло отдают: пар 1) при охлаждении до 100 °С и 2) при конденсации; вода, сконденсировавшаяся из пара, при остывании от 100 °С. Тепло получают: лёд 1) при нагревании и 2) при плавлении; вода, полученная из льда, нагревается от 0 °С до какой-то температуры. Определим количество теплоты, отданной паром при процессах 1 и 2:

$$|Q_{\text{отд}}| = c_{\text{п}}m_{\text{п}}(t_2 - 100) + r_{\text{п}}m_{\text{п}} = 23,0 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

Количество теплоты, полученной льдом при процессах 1 и 2:

$$Q_{\text{пол}} = c_{\text{л}}T_{\text{л}}(0 - t_1) + \lambda_{\text{л}}m_{\text{л}} = 4,14 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

Из расчётов ясно, что  $|Q_{\text{отд}}| = Q_{\text{пол}}$ . Растаявший лёд затем нагревается. Определим, какое количество теплоты нужно дополнительно, чтобы вода, образовавшаяся из льда ( $m_{\text{л}} = m_{\text{в}}$ ), нагрелась до  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$Q'_{\text{пол}} = c_{\text{в}}T_{\text{в}}(100 - 0) = 4,2 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

Следовательно, суммарное количество теплоты, которую может получить лёд, перешедший в воду, которая затем нагрелась до  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , есть  $Q_{\text{пол}\Sigma} = 8,34 \cdot 10^5 \text{ Дж}$ . Мы видим, что  $Q_{\text{пол}\Sigma} < |Q_{\text{отд}}|$ .

Из последнего соотношения следует, что не весь пар будет конденсироваться. Массу оставшегося пара можно определить из соотношения  $m'_{\text{п}} = (|Q_{\text{отд}}| - Q_{\text{пол}\Sigma})/r_{\text{п}} = 0,65 \text{ кг}$ .

Окончательно в калориметре будут находиться пар и вода при температуре  $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ , при этом  $m'_{\text{п}} = 0,65 \text{ кг}$ ,  $m_{\text{в}} = 1,35 \text{ кг}$ .

Пример 2. На сколько температура воды у основания водопада высотой  $1200 \text{ м}$  больше, чем у его вершины? На нагревание воды затрачивается  $70 \%$  выделившейся энергии. Удельная теплоёмкость воды  $c_{\text{в}} = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ .

Решение. При ударе падающей воды у основания водопада часть потенциальной энергии  $E_{\text{п}} = mgh$  идёт на нагревание воды:  $\eta mgh = mc_{\text{в}}\Delta t$ , откуда  $\Delta t = \eta gh/c_{\text{в}} = 1,96 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Пример 3. В комнате объёмом  $V = 120 \text{ м}^3$  при  $t = 15 \text{ }^\circ\text{C}$  относительная влажность воздуха  $\varphi = 60 \%$ . Определить массу водяных паров в воздухе комнаты. Давление насыщенных паров  $p_0$  при  $t = 15 \text{ }^\circ\text{C}$  равно  $12 \text{ мм рт. ст.}$  Молярная масса воды

$$M = 0,018 \text{ кг/моль.}$$

Дано:  $V = 120 \text{ м}^3$   
 $t = 15 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $\varphi = 60 \%$   
 $p_0 = 12 \text{ мм рт. ст.}$   
 $M = 0,018 \text{ кг/моль}$   
 $m = ?$

СИ  
 $+ 273 \text{ К}$   
 $* 133,3 \text{ Па}$

Решение.

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$\varphi = \frac{p}{p_0}; =$$

$$> p = \varphi p_0$$

$$\varphi p_0 V = \frac{m}{M} RT =$$

$$> m = \frac{\varphi p_0 V M}{RT}$$

$$m = \frac{0,6 * 12 * 133,3 \text{ Па} * 120 \text{ м}^3 * 0,018 \text{ кг / моль}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль К}} * 288 \text{ К}} = 0,92 \text{ кг}$$

### Вариант 1.

1. Влажность воздуха в комнате равна 100%. Каково соотношение температур влажного и сухого термометра?

А:  $t_b > t_c$ . Б:  $t_b = t_c$ . В:  $t_b < t_c$ . Г: все эти случаи возможны. Д: среди этих ответов нет правильного.

2. В цилиндре под поршнем находятся вода и насыщенный пар. Как изменится давление пара под поршнем при уменьшении объёма? Температура неизменна.

А: увеличится. Б: остается неизменным. В: уменьшится. Г: может остаться неизменным, а может уменьшиться. Д: может остаться неизменным, а может увеличиться.

3. Как изменится температура кипения воды при возрастании атмосферного давления?

А: повышается. Б: понижается. В: не изменяется. Г: кипение становится невозможным. Д: среди этих ответов нет правильного.

4. Каким из ниже перечисленных свойств обязательно обладает любой кристалл?

А: твердость. Б: анизотропия. В: прочность. Г: прозрачность. Д: среди этих ответов нет правильного.

5. Укажите на диаграмме растяжения, какая точка соответствует пределу прочности данного материала.

А: А. Б: В. В: С. Г: D. Д: E.

6. В капиллярной трубке жидкость поднялась на 4 мм. Чему будет равна высота подъёма жидкости с отверстием в трубке в 2 раза большего диаметра?

А: 16 мм. Б: 8 мм. В: 4 мм. Г: 2 мм. Д: 1 мм.

7. При подвешивании груза проволока удлинилась на 1 см. Каким будет удлинение проволоки, отличающейся от первой в 2 раза большим сечением, при подвешивании того же груза?

А: 1 см. Б: 2 см. В: 0,5 см. Г: 4 см. Д: 0,25 см.

8. При подъёме из воды проволоочки длиной 5 см образуется пленка поверхностного натяжения. При какой наименьшей силе произойдет разрыв пленки?

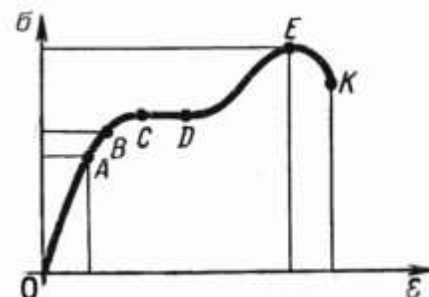
А: 0,72 Н. Б: 0,36 Н. В: 0,18 Н. Г: 0,0072 Н. Д: 0,0036 Н.

9. При каких значениях температуры возможно превращение пара в жидкость? Критическая температура этого вещества 195 С.

А: меньше 195°C. Б: больше 195°C. В: меньше 0°C. Г: больше 0°C. Д: среди этих ответов нет правильного.

10. Какой величины сила приложена к стержню с площадью поперечного сечения 2 кв.см, если в стержне возникло напряжение величиной  $10^7$  Н/кв.м?

А:  $2 \cdot 10^7$  Н. Б:  $2 \cdot 10^3$  Н. В:  $5 \cdot 10^6$  Н. Г:  $5 \cdot 10^{10}$  Н. Д:  $2 \cdot 10^{-7}$  Н.



## Вариант 2.

1. Выдвинется или поглощается теплота при конденсации пара?

А: выделяется. Б: поглощается. В: не выделяется и не поглощается. Г: может быть как поглощение, так и выделение тепла. Д: среди этих ответов нет правильного.

2. В герметичном сосуде находятся вода и насыщенный пар. Как изменится концентрация молекул пара при нагревании сосуда?

А: увеличится. Б: уменьшится. В: не изменится. Г: может увеличиться, а может уменьшиться.

Д: среди этих ответов нет правильного.

3. Температура кипения воды в открытом сосуде  $100^{\circ}\text{C}$ . Изменится ли температура кипения, если сосуд герметически закрыть?

А: не изменится. Б: повысится. В: понизится. Г: кипение станет невозможным. Д: среди этих ответов нет правильного.

4. Какое из ниже перечисленных свойств кристалла зависит от выбранного в нем направления?

(1-прочность, 2-электрическое сопротивление, 3-теплопроводность).

А: 1. Б: 2. В: 3. Г: ни одно из этих свойств. Д: все эти свойства.

5. На каком участке диаграммы растяжения выполняется закон Гука?

А: О-А. Б: О-В. В: О-С. Г: С-Д. Д: О-Е.

6. В капиллярной трубке жидкость поднялась на 4 мм.

Чему будет равна высота поднятия жидкости, у которой плотность в 2 раза больше? Коэффициент поверхностного натяжения жидкостей одинаков.

А: 1 мм. Б: 2 мм. В: 4 мм. Г: 8 мм. Д: 16 мм.

7. При подвешивании груза проволока удлинилась на 8 мм. На сколько удлинится проволока, которая в два раза короче первой, при сохранении остальных условий неизменными?

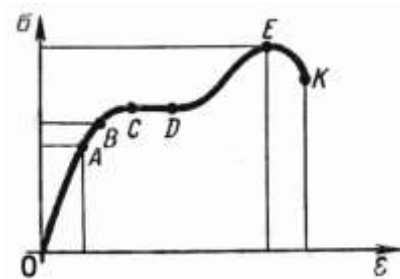
А: 32 мм. Б: 16 мм. В: 8 мм. Г: 4 мм. Д: 2 мм.

8. По данным опыта определите коэффициент поверхностного натяжения ртути: чтобы оторвать от поверхности ртути проволочку массой 4 г и длиной 4 см, нужна сила 0,08 Н.

А: 0,25 Н/м. Б: 0,50 Н/м. В: 1,0 Н/м. Г: 2,0 Н/м. Д: среди этих ответов нет правильного.

9. Сравните плотности пара и жидкости при критической температуре. Пар насыщен.

А: плотность пара меньше плотности жидкости. Б: плотность пара равна плотности жидкости.



В: плотность пара больше плотности жидкости. Г: бывает по-разному. Д: среди этих ответов нет правильного.

10. Какое напряжение возникло в стержне сечением  $3 \text{ см}^2$  при растяжении его силой  $3000\text{Н}$ ?

А:  $1000 \text{ Па}$ . Б:  $9000 \text{ Па}$ . В:  $10^7 \text{ Па}$ . Г:  $0,9 \text{ Па}$ . Д:  $10^{-7} \text{ Па}$ .

### Вариант 3.

1. Влажность воздуха в комнате 50%. Каково соотношение между температурами сухого и влажного термометров?

А:  $t_b > t_c$ . Б:  $t_b = t_c$ . В:  $t_b < t_c$ . Г: все случаи возможны. Д: среди этих ответов нет правильного.

2. В цилиндре под поршнем находится вода и насыщенный пар. Как изменится давление в цилиндре при увеличении его объёма? Температура не изменяется.

А: увеличится. Б: не изменится. В: уменьшится. Г: может остаться неизменным, а может уменьшиться. Д: может остаться неизменным, а может увеличиться.

3. Температура кипения воды оказалась несколько ниже  $100^\circ\text{C}$ . Какой причиной это может быть вызвано?

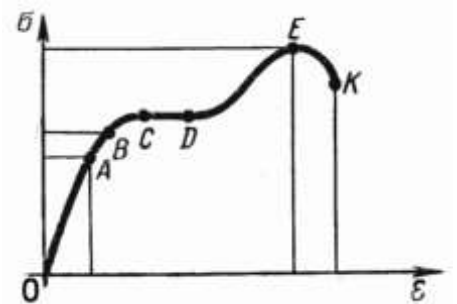
А: низкое атмосферное давление. Б: высокое атмосферное давление. В: очень быстрое нагревание воды. Г: очень медленное нагревание воды. Д: ни одна из этих причин.

4. Какое из перечисленных ниже свойств является обязательным для аморфных веществ?

А: анизотропия. Б: пластичность. В: прозрачность. Г: изотропность. Д: среди этих ответов нет правильного.

5. Какая из точек диаграммы растяжения соответствует пределу пропорциональности данного образца?

А: О. Б: А. В: В. Г: Е. Д: К.



6. Жидкость в капилляре поднялась на 8 мм. Чему будет равна высота подъёма другой жидкости в этом капилляре, у которой плотность та же, а коэффициент поверхностного натяжения в 2 раза больше?

А: 2 мм. Б: 4 мм. В: 8 мм. Г: 16 мм. Д: 32 мм.

7. При подвешивании груза проволока удлинилась на 4 см. Каким будет удлинение той же проволоки при подвешивании груза в 2 раза меньшего веса?

А: 1 см. Б: 2 см. В: 4 см. Г: 8 см. Д: 16 см.

8. Какая потребуется сила, чтобы от поверхности керосина оторвать проволочку массой 0,1 г и длиной 10 см?

А: 0,001 Н. Б: 0,0024 Н. В: 0,0034 Н. Г: 0,0048 Н. Д: 0,0058 Н.

9. Как будет меняться удельная теплота парообразования жидкости при увеличении давления на жидкость?

А: увеличиваться. Б: не изменится. В: уменьшаться. Г: среди этих ответов нет правильного.

10. Деталь должна выдерживать напряжение  $10^9$  Н/м<sup>2</sup> и силу 100 000 Н. Какова минимальная площадь сечения детали? (в см<sup>2</sup>)

А: 1 см<sup>2</sup>. Б:  $10^{-2}$  см<sup>2</sup>. В:  $10^{-4}$  см<sup>2</sup>. Г:  $10^4$  см<sup>2</sup>. Д:  $10^{14}$  см<sup>2</sup>.



### Вариант 4.

1. Выделяется или поглощается энергия при испарении воды?

А: выделяется. Б: поглощается. В: может быть как поглощение, так и выделение тепла.

Г: не поглощается и не выделяется. Д: среди этих ответов нет правильного.

2. В герметическом сосуде находится ненасыщенный пар. Как изменится концентрация молекул пара при нагревании?

А: увеличится. Б: уменьшится. В: не изменится. Г: может как увеличиться, так и уменьшиться. Д: среди этих ответов нет правильного.

3. Сравните температуры кипения воды на поверхности Земли и на дне глубокой шахты.

А: в шахте больше. Б: в шахте меньше. В: одинаковы. Г: в шахте вода кипеть не будет.

Д: среди этих ответов нет правильного.

4. Какое из перечисленных ниже свойств аморфных тел зависит от направления?

А: прочность. Б: электрическое сопротивление. В: теплопроводность. Г: все эти свойства.

Д: ни одно из этих свойств.

5. Какая из точек диаграммы растяжения соответствует пределу упругости данного образца?

А: О. Б: А. В: В. Г: С. Д: Е.

6. При погружении капилляра в жидкость иногда она поднимается, а иногда опускается в нем.

От чего это зависит?

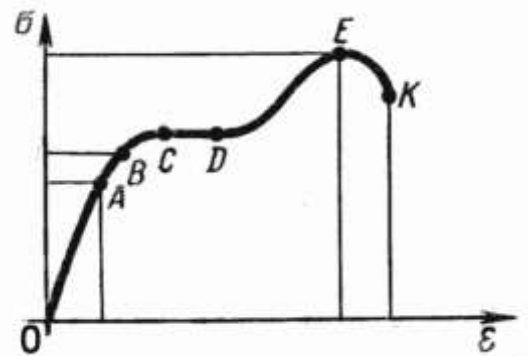
А: от диаметра капилляра. Б: от коэффициента поверхностного натяжения жидкости.

В: от плотности жидкости. Г: от температуры жидкости. Д: среди этих ответов нет правильного.

7. При подвешивании груза проволока удлинилась на 4 см. Каким будет удлинение проволоки, сделанной из другого материала с модулем Юнга в 2 раза больше? Размеры проволок и вес груза неизменны.

А: 1 см. Б: 2 см. В: 4 см. Г: 8 см. Д: 10 см.

8. Чтобы оторвать невесомую проволочку от поверхности воды, пришлось



приложить силу 0,0072 Н. Какова длина проволоочки?

А: 10 см. Б: 5 см. В: 0,1 см. Г: 0,05 см. Д: среди этих ответов нет правильного.

9. Как будет меняться температура кипения жидкости, если постоянно откачивать пар?

А: увеличится. Б: уменьшится. В: не изменится. Г: может быть по-разному. Д: среди этих ответов нет правильного.

10. Какова величина механического напряжения: деталь сечением 5 кв.см находится под действием силы 1000 Н?

А: 200 Па. Б: 0,5 Па. В:  $5 \cdot 10^{-7}$  Па. Г: 2 МПа. Д: среди этих ответов нет правильного.

**Ключи:**

вариант/задание	1	2	3	4
1	Б	А	В	Б
2	Б	А	Г	В
3	А	Б	А	А
4	Б	Д	Г	Д
5	Д	А	Б	В
6	Г	Б	Г	Д
7	В	Г	Б	Б
8	Г	Б	Д	Б
9	А	Б	В	Б
10	Б	В	А	Г

**Критерии оценивания:**

Оценка	5	4	3	2
Баллы	9-10	7-8	5-6	0-4

### **Практическая работа №8 по теме: Закон Кулона. Электрическое поле.**

#### **Напряженность электрического поля**

**Цель:** систематизировать знания по разделу «Электростатика», научиться применять систему знаний на расчет величин, описывающих электростатическое поле; приобрести опыт решения задач по данной теме.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач.
2. Рассмотреть примеры решения задач.
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

Теоретическая часть

Закон сохранения заряда:

В замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов ( $q_1, q_2, \dots, q_n$ ) всех частиц остается неизменной.

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const}$$

Закон Кулона

Сила взаимодействия ( $F$ ) двух точечных неподвижных заряженных тел в вакууме прямо пропорциональна произведению модулей заряда ( $q_1$  и  $q_2$ ) и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

$$F = k \times \frac{|q_1| \times |q_2|}{r^2},$$

где  $k=9 \times 10^9$  (Н $\times$ м<sup>2</sup>)/Кл<sup>2</sup> — коэффициент пропорциональности.

Заряд электрона

$$e=1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл}$$

Напряженность электрического поля

Напряженность электрического поля ( $\vec{E}$ ) равна отношению силы ( $\vec{F}$ ), с которой поле действует на точечный заряд, к этому заряду ( $q$ ).

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

Напряженность поля точечного заряда (в вакууме)

$$E = \frac{k \times |q_0|}{r^2}$$

Принцип суперпозиции полей

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$

Диэлектрическая проницаемость

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E}$$

Работа при перемещении заряда в однородном электростатическом поле  
Работа ( $A$ ) при перемещении заряда ( $q$ ) в однородном электростатическом поле напряженностью ( $E$ ) не зависит от формы траектории движения заряда, а определяется величиной перемещения ( $\Delta d=d_2-d_1$ ) заряда вдоль силовых линий поля.

$$A = q \times E \times (d_2 - d_1)$$

### Потенциальная энергия заряда

Потенциальная энергия ( $W_p$ ) заряда в однородном электростатическом поле равна произведению величины заряда ( $q$ ) на напряженность ( $E$ ) поля и расстояние ( $d$ ) от заряда до источника поля.

$$W_p = q \times E \times d$$

### Потенциал электростатического поля

Потенциал ( $\varphi$ ) данной точки электростатического поля численно равен:

- 1) потенциальной энергии ( $W_p$ ) единичного заряда ( $q$ ) в данной точке:  $\varphi = \frac{W_p}{q}$  ;
- 2) произведению напряженности ( $E$ ) поля на расстояние ( $d$ ) от заряда до источника поля:  $\varphi = E \times d$  (В)

### Напряжение (разность потенциалов)

Напряжение ( $U$ ) или разность потенциалов ( $\varphi_1 - \varphi_2$ ) между двумя точками равна отношению работы поля ( $A$ ) при перемещении заряда из начальной точки в конечную к этому заряду ( $q$ ).

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

### Связь между напряженностью и напряжением

$$E = \frac{U}{\Delta d}$$

### Электроёмкость

Электроёмкость © двух проводников — это отношение заряда ( $q$ ) одного из проводников к разности потенциалов ( $U$ ) между этим проводником и соседним.

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

### Электроёмкость конденсатора

Электроёмкость плоского конденсатора © прямо пропорциональна площади пластин ( $S$ ), диэлектрической проницаемости ( $\varepsilon$ ) размещенного между ними диэлектрика, и обратно пропорциональна расстоянию между пластинами ( $d$ ).

$$C = \frac{\varepsilon \times \varepsilon_0 \times S}{d}$$

$\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$  Кл<sup>2</sup>/(Н×м<sup>2</sup>) – электрическая постоянная

## Энергия заряженного конденсатора

Энергия (W) заряженного конденсатора равна:

$$W = \frac{q \times U}{2} \quad W = \frac{q^2}{2 \times C} \quad W = \frac{C \times U^2}{2}$$

## Параллельное соединение конденсаторов

$$C_{\text{общ}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

## Последовательное соединение конденсаторов

$$1/C_{\text{общ}} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots + 1/C_n$$

Примеры решения задач

Пример 1.

Если расстояние между двумя точечными зарядами уменьшить на 50 см, то сила взаимодействия увеличится в 2 раза. Заряды находятся на расстоянии... (в м).

Дано:

$$r_2 = (r - 0,5) \text{ м}$$

$$F_2 = 2F_1$$

Сила кулоновского

взаимодействия между зарядами,

находящимися на расстоянии r:

$$F_1 = \frac{q_1 q_2}{4\pi \varepsilon \varepsilon_0 r^2}$$

При уменьшении расстояния на 50

см:

$$F_2 = \frac{q_1 q_2}{4\pi \varepsilon \varepsilon_0 (r - 0,5)^2}$$

$$r - ?$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{r^2}{(r - 0,5)^2}$$

Извлекая квадратный корень из

левой и правой части, получаем:

$$\sqrt{2}(r - 0,5) = r \Rightarrow r = 1,75 \text{ м}$$

Ответ: r = 1,75 м.

Решение:

Пример 2.

Модуль вектора напряженности поля на расстоянии 5 м от заряда равен 150 В/м.

Потенциал электрического поля на расстоянии 10 м от этого заряда равен. (в В).

Дано:

$$r_1 = 5 \text{ м}$$

$$E = 150 \text{ В/м}$$

$$r_2 = 10 \text{ м}$$

Используя выражения для модуля напряженности и потенциала электростатического поля, создаваемого точечным зарядом, получаем:

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2}$$

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r}$$

Разделив первое выражение на второе, получим:

$$\varphi = ?$$

$$\frac{E}{\varphi} = \frac{r_2}{r_1}$$

Отсюда:

$$\varphi = \frac{150 \cdot 5^2}{10} = 375 \text{ В}$$

Ответ: 375 В.

Решение:

Пример 3.

Два одинаковых металлических шарика с зарядами - 120 мкКл и + 40 мкКл привели в соприкосновение и развели на расстояние 10 см. Сила взаимодействия шариков равна... (в кН).

Дано:

$$q_1 = -120 \text{ мкКл} = -120 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$q_2 = 40 \text{ мкКл} = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$r = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

Шарики одинаковые, следовательно, они имеют одинаковые емкости и после соприкосновения заряды на шариках окажутся равными.

По закону сохранения электрического заряда:

$$q_1 + q_2 = 2q$$

$$F = ?$$

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{-120 + 40}{2} = -40 \text{ мкКл}$$

Силу взаимодействия шариков определим по закону Кулона:

$$F = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (40 \cdot 10^{-6})^2}{(0,1)^2} = 1440 \text{ Н}$$

$$F = 1,44 \text{ кН}$$

Ответ: 1,44 кН.

Решение:

Пример 4.

В однородном электрическом поле с напряженностью 200 В/м находится в равновесии пылинка с зарядом  $10^{-7}$  Кл. Масса пылинки в граммах равна...

Дано:

$$E = 200 \text{ В/м}$$

$$q = 10^{-7} \text{ Кл}$$

Решение:

На заряженную пылинку в однородном электрическом поле действуют две силы: сила тяжести  $F_{тяж}$  и сила со стороны электрического поля.  $F_m = mg; F = qE$ . Пылинка будет находиться в равновесии, если эти силы равны по модулю и противоположны по направлению.

$$m - ?$$

$$mg = qE,$$

$$m = qE / g.$$

Подставим числовые значения:

$$m = \frac{10^{-7} \cdot 200}{10} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$$

Выразим массу пылинки в

$$\text{г: } m = 2 \cdot 10^{-3} \text{ г}$$

$$\text{Ответ: } m = 2 \cdot 10^{-3} \text{ г}$$

## Вариант 1

### Часть 1

**1. Два точечных заряда притягиваются друг к другу, если заряды...**

- 1) одинаковы по знаку и любые по модулю
- 2) одинаковы по знаку и модулю
- 3) различны по знаку и любые по модулю
- 4) только различны по знаку и одинаковы по модулю

**2. Незаряженная капля жидкости разделилась на две части. Заряд первой  $+q$ , а заряд второй...**

- 1) 0
- 2)  $+q$
- 3)  $+2q$
- 4)  $-q$

**3. Закон Кулона выполняется для...**

- 1) любых тел
- 3) неподвижных точечных зарядов

- 2) заряженных тел                      4) движущихся точечных зарядов

**4. Величина одного из зарядов увеличилась в 3 раза, при этом сила их взаимодействия...**

- 1) увеличилась в 3 раза                      3) уменьшилась в 3 раза  
2) увеличилась в 9 раз                      4) уменьшилась в 9 раз

**5. Расстояние между зарядами уменьшилось в 4 раза, при этом сила их взаимодействия...**

- 1) увеличилась в 4 раза                      3) уменьшилась в 4 раза  
2) увеличилась в 16 раз                      4) уменьшилась в 16 раз

**6. Сила взаимодействия двух точечных зарядов при уменьшении величины одного из них в 4 раза и уменьшении расстояния между ними в 2 раза...**

- 1) не изменится                      3) уменьшится в 8 раз  
2) уменьшится в 2 раза                      4) уменьшится в 16 раз

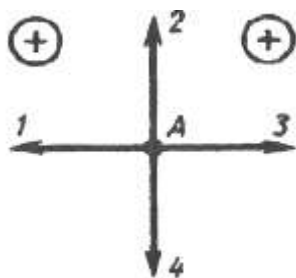
**7. Два одинаковых металлических шара заряжены равными разноименными зарядами. Шарики привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние.**

**Сила взаимодействия...**

- 1) не изменилась                      3) уменьшилась в 2 раза  
2) увеличилась в 2 раза                      4) равна нулю

**8. Какое направление имеет вектор кулоновской силы, действующей на положительный заряд, помещенный в точку А?**

- 1) 1  
2) 2  
3) 3  
4) 4



Часть 2

**9. Как взаимодействуют заряженные тела?**

**Заряженные тела**

**Вид взаимодействия**

- А)** оба тела имеют отрицательный заряд  
**Б)** оба тела имеют положительный заряд  
**В)** одно тело имеет положительный заряд, а второе - отрицательный

- 1) притяжение  
2) отталкивание  
3) взаимодействие отсутствует

А	Б	В



Часть 3

**10. Два одинаковых шарика взаимодействуют в вакууме с силой 300 мН, находясь на расстоянии 0,1 м друг от друга. Найдите заряды шариков. Ответ запишите в мкКл.**

**Вариант 2**

Часть 1

**1. Два точечных заряда отталкиваются друг от друга, если заряды.**

- 1) одинаковы по знаку и любые по модулю
- 2) одинаковые по знаку и модулю
- 3) различны по знаку и модулю
- 4) различны по знаку и одинаковы по модулю

**2. Металлическая пластинка с зарядом  $-10e$  потеряла четыре электрона. Заряд пластинки стал равен.**

- 1)  $6e$
- 2)  $-6e$
- 3)  $14e$
- 4)  $-14e$

**3. Заряд, размеры которого намного меньше по сравнению с расстоянием, на котором оценивают его действие, называется...**

- 1) идеальным
- 2) минимальным
- 3) точечным
- 4) элементарным

**4. Величина одного из зарядов уменьшилась в 2 раза, при этом сила их взаимодействия...**

- 1) увеличилась в 2 раза
- 2) увеличилась в 4 раза
- 3) уменьшилась в 2 раза
- 4) уменьшилась в 4 раз

**5. Расстояние между зарядами увеличилось в 2 раза, при этом сила их взаимодействия...**

- 1) увеличилась в 2 раза
- 2) увеличилась в 4 раза
- 3) уменьшилась в 2 раза
- 4) уменьшилась в 4 раза

**6. Сила взаимодействия двух точечных зарядов при увеличении величины одного из них в 2 раза и уменьшении расстояния между ними в 2 раза...**

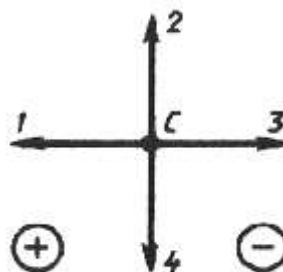
- 1) не изменится
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) уменьшится в 8 раз
- 4) увеличится в 8 раз

**7. Два одинаковых металлических шара заряжены равными одноименными зарядами. Шарики привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Сила взаимодействия...**

- 1) не изменилась                      3) уменьшилась в 2 раза  
 2) увеличилась в 2 раза            4) равна нулю

8. Какое направление имеет вектор кулоновской силы, действующей на положительный заряд, помещенный в точку С?

- 1)  
 4) 4



- 1) 2) 2) 3) 3

Часть 2

9. Как взаимодействуют заряженные тела?

**Заряженные тела**

**Вид взаимодействия**

- А) две стеклянные палочки, потертые о шелк  
 Б) стеклянная палочка, потертая о шелк, и эбонитовая палочка, потертая о мех  
 В) две эбонитовые палочки, потертые о мех

- 1) притяжение  
 2) отталкивание  
 3) взаимодействие отсутствует

А	Б	В

Часть 3

10. Два одинаковых заряженных шарика находятся на расстоянии 0,2 м друг от друга и притягиваются с силой 4 мН. После того, как шарики привели в соприкосновение и развели на прежнее расстояние, они стали отталкиваться с силой 2,25 мН. Определите первоначальный заряд шариков. Запишите значение величины большего заряда в мК

## Практическая работа №9 по теме: Электрическая емкость. Конденсаторы.

### Соединение конденсаторов. Энергия заряженного конденсатора.

**Цель:** систематизировать знания по разделу «Постоянный электрический ток», научиться применять полученные знания для решения задач различных типов.

#### Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач.
2. Рассмотреть примеры решения задач.
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

Теоретическая часть

#### *Сила тока*

Сила тока ( $I$ ) равна: отношению заряда ( $\Delta q$ ), переносимого через поперечное сечение проводника за интервал времени ( $\Delta t$ ), к этому интервалу времени;

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

#### *Закон Ома для участка цепи*

Сила тока ( $I$ ) прямо пропорциональна приложенному напряжению ( $U$ ) и обратно пропорциональна сопротивлению проводника ( $R$ )

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

#### *Сопротивление проводника*

Сопротивление ( $R$ ) проводника зависит от материала проводника (удельного сопротивления  $\rho$ ) и его геометрических размеров (длины  $l$  и площади поперечного сечения  $S$ ).

$$R = \rho \times \frac{l}{S}$$

$R = \sum_{i=1}^n R_i$  *Удельное сопротивление проводника*  
Удельное сопротивление ( $\rho$ ) проводника — величина, численно равная сопротивлению проводника длиной ( $l$ ) один метр и площадью поперечного сечения ( $S$ ) один квадратный метр.

$$\rho = \frac{R \times S}{l}$$

Сопротивление последовательно соединенных проводников

$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$  Сопротивление параллельно соединенных проводников

Работа постоянного тока

Работа ( $A$ ) постоянного тока на участке цепи:

1) равна произведению силы тока ( $I$ ), напряжения ( $U$ ) и времени ( $t$ ), в течение которого совершалась работа:  $A = U \times I \times t$  ;

2) равна произведению квадрата силы тока ( $I$ ), сопротивления участка цепи ( $R$ ) и времени ( $t$ ):  $A = I^2 \times R \times t$  (для последовательного соединения проводников)

3) пропорциональна квадрату напряжения ( $U$ ), времени ( $t$ ) и обратно пропорционально сопротивлению ( $R$ ) участка цепи:  
 $A = \frac{U^2}{R} \times t$  (для параллельного соединения проводников)

$P = \frac{U^2}{R}$  *Мощность тока*  
Мощность ( $P$ ) постоянного тока на участке цепи равна:

$$P = \frac{A}{t} ; P = U \times I ; P = I^2 \times R ;$$

Электродвижущая сила (ЭДС)

Электродвижущая сила в замкнутом контуре ( $\xi$ ) представляет собой отношение работы сторонних сил ( $A$ ) при перемещении заряда внутри источника тока к заряду ( $q$ ).

$$\xi = A/q$$

СИ: В

*Закон Ома для полной цепи*

Сила тока ( $I$ ) в полной цепи равна отношению ЭДС ( $\xi$ ) цепи к её полному сопротивлению (внутреннему сопротивлению  $r$  и внешнему  $R$ ).

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

*Последовательное соединение источников тока*

Если цепь содержит несколько последовательно соединенных элементов с ЭДС ( $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots$ ), то полная ЭДС цепи ( $\xi$ ) равна алгебраической сумме ЭДС отдельных элементов.

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \dots$$

*Параллельное соединение источников тока*

Если цепь содержит несколько параллельно соединенных элементов с равными ЭДС ( $\xi_1 = \xi_2 = \xi_3 = \dots$ ), то полная ЭДС цепи ( $\xi$ ) равна ЭДС каждого элемента.

$$\xi = \xi_1 = \xi_2 = \xi_3 = \dots$$

Примеры решения задач

Пример 1.

Два проводника при параллельном соединении имеют сопротивление 6 Ом, а при последовательном соединении - 27 Ом. Произведение сопротивлений этих проводников равно... (в Ом).

Дано:

$$R_{\text{пар}} = 6 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{посл}} = 27 \text{ Ом}$$

При параллельном соединении

$$R_1 R_2 = ?$$

$$\frac{1}{R_{\text{пар}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2},$$

$$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 6 \text{ Ом},$$

$$R_1 R_2 = 6(R_1 + R_2) = 6R_{\text{посл}}.$$

Решение:

При последовательном соединении двух проводников

$$R_{\text{посл}} = R_1 + R_2 = 27 \text{ Ом}.$$

Пример 2.

При уменьшении сопротивления внешней цепи с 10 Ом до 4 Ом сила тока, текущего через источник, увеличилась от 1 А до 2 А. ЭДС источника тока равна. (в В).

Дано:

$$R_1 = 10 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 4 \text{ Ом}$$

$$I_1 = 1 \text{ А}$$

$$I_2 = 2 \text{ А}$$

Решение:

По закону Ома для полной цепи для первого и второго случая имеем:

$$\varepsilon = I_1(R_1 + r); \varepsilon = I_2(R_2 + r).$$

Разделим первое уравнение на второе:

$$\frac{R_1 + r}{R_2 + r} = \frac{I_2}{I_1} = 2.$$

$$\varepsilon = ?$$

Произведя алгебраические преобразования, получаем:

$$R_1 + r = 2R_2 + 2r,$$

$$r = R_1 - 2R_2 = 2 \text{ Ом}.$$

$$\varepsilon = I_1(R_1 + 2) = 1(10 + 2) = 12 \text{ В}$$

Ответ: 12 В.

### Пример 3.

Батарея с внутренним сопротивлением 2 Ом и ЭДС 6В замкнута проводником с сопротивлением 8 Ом. Какое количество теплоты выделится в проводнике за 1 секунду?

Дано:

$$r = 2 \text{ Ом}$$

$$\varepsilon = 6 \text{ В}$$

$$R = 8 \text{ Ом}$$

Решение:

Количество теплоты, выделяющееся в проводнике, определяется законом Джоуля-Ленца:

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

По закону Ома для полной цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r},$$

$$\frac{Q}{t} = ?$$

$$\frac{Q}{t} = \left( \frac{\varepsilon}{R+r} \right)^2 R.$$

Подставляем числовые значения:

$$\frac{Q}{t} = 0,6^2 \cdot 8 = 2,88 \text{ Дж}$$

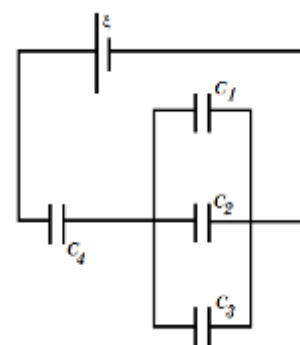
Ответ: 2,88 Дж.

### Вариант 1

1. Пластины воздушного конденсатора площадью  $500 \text{ см}^2$  отдалены друг от друга на расстояние 3мм. Между ними находится металлическая пластинка с той же площадью и толщиной 1мм. Конденсатор заряжен до разности потенциалов 400В и отключен от источника. Какую работу нужно произвести, чтобы вытащить пластинку из конденсатора?

2. Плоский воздушный конденсатор заряжен до разности потенциалов 100В. какова будет разность потенциалов между обкладками, если конденсатор опустить в жидкий диэлектрик с диэлектрической проницаемостью 2?

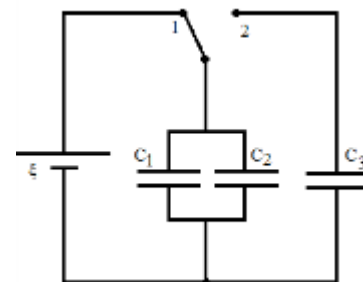
3. Во сколько раз изменится заряд на конденсаторе емкостью  $c_1$  при пробое конденсатора емкостью  $c_2$ , если  $c_1=c_2=2 \text{ пФ}$ ,  $c_3=c_4=4 \text{ пФ}$ .



### Вариант 2

1. К источнику с ЭДС  $\xi$  подключен плоский конденсатор емкостью  $c$ . Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы увеличить расстояние между обкладками в 2 раза?

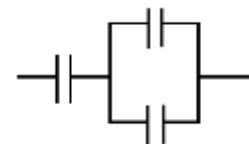
2. Конденсаторы емкостью  $1\text{ мкФ}$  и  $2\text{ мкФ}$  заряжены до разности потенциалов  $20\text{ В}$  и  $50\text{ В}$  соответственно. После зарядки конденсаторы соединены одноименными полюсами. Определить разность потенциалов между обкладками конденсаторов после их соединения. Какое количество теплоты выделится в результате соединения конденсаторов?



3. Батарею параллельно соединенных конденсаторов с емкостями  $c_1=1\text{ мкФ}$ ,  $c_2=2\text{ мкФ}$  сначала подсоединили к источнику с ЭДС  $6\text{ В}$ . затем ключ переводят в положение 2, соединяя батарею с конденсатором емкостью  $c_3=3\text{ мкФ}$ . Найти заряд, который получит конденсатор емкостью  $c_3$ .

### Вариант 3

1. Напряженность электрического поля конденсатора емкостью  $0,8\text{ мкФ}$  равна  $1000\text{ В/м}$ . определить энергию конденсатора, если расстояние между его обкладками равно  $1\text{ мм}$ .



2. Вычислить емкость системы конденсаторов. Емкость каждого конденсатора  $5\text{ мкФ}$ .

3. Энергия плоского воздушного конденсатора  $0,2\text{ мкДж}$ . Определить энергию конденсатора после заполнения его диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $2$ , если конденсатор отключен от источника питания.

### Вариант 4

1. При сообщении проводнику заряда  $8\text{ мКл}$  его потенциал стал равен  $200\text{ В}$ . определить емкость проводника.

2. Сколько конденсаторов емкостью  $500\text{ пФ}$  каждый следует соединить последовательно в батарею, чтобы общая емкость батареи стала равной  $0,1\text{ нФ}$ ?

3. Энергия плоского воздушного конденсатора  $0,2\text{ мкДж}$ . Определить энергию конденсатора после заполнения его диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $2$ , если конденсатор подключен к источнику питания.

**Практическая работа №10 по теме: ЭДС источника тока. Напряжение. Закон Ома для полной цепи.**

**Цель:** систематизировать знания по разделу «Постоянный электрический ток», научиться применять полученные знания для решения задач различных типов.

**Порядок выполнения работы:**

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач.
2. Рассмотреть примеры решения задач.
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

Теоретическая часть

*Сила*

*тока*

Сила тока ( $I$ ) равна: отношению заряда ( $\Delta q$ ), переносимого через поперечное сечение проводника за интервал времени ( $\Delta t$ ), к этому интервалу времени;

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

*Закон*

*Ома*

*для*

*участка*

*цепи*

Сила тока ( $I$ ) прямо пропорциональна приложенному напряжению ( $U$ ) и обратно пропорциональна сопротивлению проводника ( $R$ )

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

*Сопротивление*

*проводника*

Сопротивление ( $R$ ) проводника зависит от материала проводника (удельного сопротивления  $\rho$ ) и его геометрических размеров (длины  $l$  и площади поперечного сечения  $S$ ).

$$R = \rho \times \frac{l}{S}$$

$$R = \sum_{i=1}^n R_i$$

*Удельное*

*сопротивление*

*проводника*

Удельное сопротивление ( $\rho$ ) проводника — величина, численно равная сопротивлению проводника длиной ( $l$ ) один метр и площадью поперечного сечения ( $S$ ) один квадратный метр.

$$\rho = \frac{R \times S}{l}$$

Сопротивление последовательно соединенных проводников

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

Сопротивление параллельно соединенных проводников

Работа постоянного тока

Работа ( $A$ ) постоянного тока на участке цепи:

1) равна произведению силы тока ( $I$ ), напряжения ( $U$ ) и времени ( $t$ ), в течение которого совершалась работа:  $A = U \times I \times t$ ;

2) равна произведению квадрата силы тока ( $I$ ), сопротивления участка цепи ( $R$ ) и времени

( $t$ ):  $A = I^2 \times R \times t$  (для последовательного соединения проводников)



3) пропорциональна квадрату напряжения ( $U$ ), времени ( $t$ ) и обратно пропорционально

$$A = \frac{U^2}{R} \times t \quad \text{сопротивлению} \quad (R) \quad \text{участка} \quad \text{цепи:}$$

(для параллельного соединения проводников)

$$P = \frac{U^2}{R} \quad \text{Мощность} \quad (P) \quad \text{постоянного} \quad \text{тока} \quad \text{на} \quad \text{участке} \quad \text{цепи} \quad \text{равна:}$$

$$P = \frac{A}{t}; \quad P = U \times I; \quad P = I^2 \times R;$$

Электродвижущая сила (ЭДС)

Электродвижущая сила в замкнутом контуре ( $\xi$ ) представляет собой отношение работы сторонних сил ( $A$ ) при перемещении заряда внутри источника тока к заряду ( $q$ ).

$$\xi = A/q$$

СИ: В

*Закон Ома для полной цепи*

Сила тока ( $I$ ) в полной цепи равна отношению ЭДС ( $\xi$ ) цепи к её полному сопротивлению (внутреннему сопротивлению  $r$  и внешнему  $R$ ).

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

*Последовательное соединение источников тока*

Если цепь содержит несколько последовательно соединенных элементов с ЭДС ( $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots$ ), то полная ЭДС цепи ( $\xi$ ) равна алгебраической сумме ЭДС отдельных элементов.

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \dots$$

*Параллельное соединение источников тока*

Если цепь содержит несколько параллельно соединенных элементов с равными ЭДС ( $\xi_1 = \xi_2 = \xi_3 = \dots$ ), то полная ЭДС цепи ( $\xi$ ) равна ЭДС каждого элемента.

$$\xi = \xi_1 = \xi_2 = \xi_3 = \dots$$

Примеры решения задач

Пример 1.

Два проводника при параллельном соединении имеют сопротивление 6 Ом, а при последовательном соединении - 27 Ом. Произведение сопротивлений этих проводников равно... (в Ом).

Дано:

$$R_{\text{пар}} = 6 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{посл}} = 27 \text{ Ом}$$

Решение:

При последовательном соединении двух проводников

$$R_{\text{посл}} = R_1 + R_2 = 27 \text{ Ом}$$

При параллельном соединении

$$R_1 R_2 = ?$$

$$\frac{1}{R_{\text{нар}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2},$$

$$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 6 \text{ Ом}$$

$$R_1 R_2 = 6(R_1 + R_2) = 6R_{\text{нос.1}}$$

Подставляем числовые значения:

$$R_1 R_2 = 6 \cdot 27 = 162 \text{ Ом}^2$$

Ответ:  $162 \text{ Ом}^2$ .

Пример 2.

При уменьшении сопротивления внешней цепи с 10 Ом до 4 Ом сила тока, текущего через источник, увеличилась от 1 А до 2 А. ЭДС источника тока равна. (в В).

Дано:

$$R_1 = 10 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 4 \text{ Ом}$$

$$I_1 = 1 \text{ А}$$

$$I_2 = 2 \text{ А}$$

По закону Ома для полной цепи

для первого и второго случая имеем:

$$\varepsilon = I_1(R_1 + r); \varepsilon = I_2(R_2 + r)$$

Разделим первое уравнение на второе:

$$\frac{R_1 + r}{R_2 + r} = \frac{I_2}{I_1} = 2$$

$$\varepsilon = ?$$

Произведя алгебраические преобразования, получаем:

$$R_1 + r = 2R_2 + 2r,$$

$$r = R_1 - 2R_2 = 2 \text{ Ом}$$

$$\varepsilon = I_1(R_1 + 2) = 1(10 + 2) = 12 \text{ В}$$

Ответ: 12 В.

Решение:

Пример 3.

Батарея с внутренним сопротивлением 2 Ом и ЭДС 6В замкнута проводником с сопротивлением 8 Ом. Какое количество теплоты выделится в проводнике за 1 секунду?

Дано:

$$r = 2 \text{ Ом}$$

$$\varepsilon = 6 \text{ В}$$

$$R = 8 \text{ Ом}$$

Решение:  
 Количество теплоты, выделяющееся в проводнике, определяется законом Джоуля-Ленца:

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

По закону Ома для полной цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r},$$

$$\frac{Q}{t} = ?$$

$$\frac{Q}{t} = \left( \frac{\varepsilon}{R+r} \right)^2 R$$

Подставляем числовые значения:

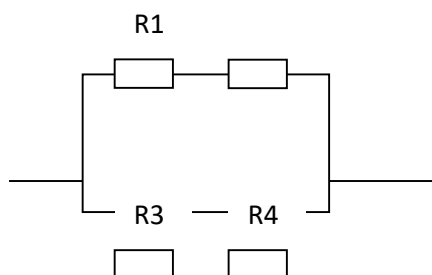
$$\frac{Q}{t} = 0,6^2 \cdot 8 = 2,88 \text{ Дж}$$

Ответ: 2,88 Дж.

### 1 вариант.

1. Определите силу тока в проводнике 2, если его сопротивление равно 9 Ом, и падение напряжения в проводнике 1 при его сопротивлении 6 Ом, если ЭДС источника равна 2 В, а внутреннее сопротивление равно 0,4 Ом.

2. По схеме на рис. определите общее сопротивление электрической цепи, если сопротивления этой цепи равны R1=8 Ом R2=2 Ом R3=4 Ом R4= 6 Ом.

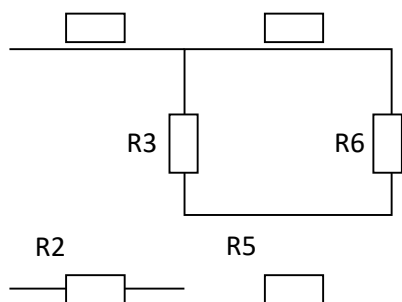


3. Какую работу совершает двигатель полотера за время, равное 30 мин, если он потребляет в цепи напряжением 220 В ток силой 1,25 А, а его КПД равен 80%?

### 2 вариант.

1. К источнику тока с ЭДС равной 4,5 В и внутренним сопротивлением 1,5 Ом присоединена цепь, состоящая из двух проводников, сопротивлением 10 Ом каждый, соединенных параллельно, и третьего проводника сопротивлением 2,5 Ом, подсоединенного к первым двум последовательно. Чему равна сила тока в неразветвленной части цепи?

2. Найдите общее сопротивление цепи, если сопротивления проводников равны соответственно: R1=1 Ом R2=2 Ом R3=4 Ом R4=1 Ом R5=2 Ом R6=1 Ом.



3. Количество теплоты, выделяемое за 54 мин проводником с током, равно 20 кДж. Определите силу тока в проводнике, если его сопротивление равно 10 Ом.

**Ключи:**

1 вариант: 1. 0,2 А, 1,8 В. 2. 5 Ом. 3. 396 кДж.

2 вариант: 1. 0,5 А. 2. 5 Ом. 3. 2,6 А.

**Критерии оценивания:**

Оценка 5 ставится, если учащиеся выполнили верно 3 задачи, верно записали условие задачи, перевели величины в систему СИ, записали все необходимые и достаточные формулы для решения задачи, верно подставили численные значения, верно провели вычисления по формулам и верно записали ответ.

Оценка 4 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 2 задачи, в 3 задаче допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 3 ставится, если верно и полностью правильно решена и записана 1 задача, во 2 и 3 задачах допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 2 ставится, если в каждой из 3 задач допущены какие-либо ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

**Практическая работа №11 по теме: Закон Джоуля-Ленца. Работа и мощность электрического тока.**

**Цель:** систематизировать знания по разделу «Постоянный электрический ток», научиться применять полученные знания для решения задач различных типов.

**Порядок выполнения работы:**

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач.

2. Рассмотреть примеры решения задач.
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

Теоретическая часть

*Сила тока*

Сила тока ( $I$ ) равна: отношению заряда ( $\Delta q$ ), переносимого через поперечное сечение проводника за интервал времени ( $\Delta t$ ), к этому интервалу времени;

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

*Закон Ома для участка цепи*

Сила тока ( $I$ ) прямо пропорциональна приложенному напряжению ( $U$ ) и обратно пропорциональна сопротивлению проводника ( $R$ )

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

*Сопротивление проводника*

Сопротивление ( $R$ ) проводника зависит от материала проводника (удельного сопротивления  $\rho$ ) и его геометрических размеров (длины  $l$  и площади поперечного сечения  $S$ ).

$$R = \rho \times \frac{l}{S}$$

*Удельное сопротивление проводника*  
 $R = \sum_{i=1}^n R_i$  Удельное сопротивление ( $\rho$ ) проводника — величина, численно равная

сопротивлению проводника длиной ( $l$ ) один метр и площадью поперечного сечения ( $S$ ) один квадратный метр.

$$\rho = \frac{R \times S}{l}$$

Сопротивление последовательно соединенных проводников

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

Сопротивление параллельно соединенных проводников

Работа постоянного тока

Работа ( $A$ ) постоянного тока на участке цепи:

1) равна произведению силы тока ( $I$ ), напряжения ( $U$ ) и времени ( $t$ ), в течение которого совершалась работа:  $A = U \times I \times t$ ;

2) равна произведению квадрата силы тока ( $I$ ), сопротивления участка цепи ( $R$ ) и времени ( $t$ ):  $A = I^2 \times R \times t$  (для последовательного соединения проводников)

3) пропорциональна квадрату напряжения ( $U$ ), времени ( $t$ ) и обратно пропорционально

$A = \frac{U^2}{R} \times t$     сопротивление  $(R)$     участка    цепи:  
(для параллельного соединения проводников)

$P = \frac{U^2}{R}$     *Мощность тока*  
Мощность  $(P)$  постоянного тока на участке цепи равна:

$$P = \frac{A}{t} ; P = U \times I ; P = I^2 \times R ;$$

Электродвижущая сила (ЭДС)

Электродвижущая сила в замкнутом контуре  $(\zeta)$  представляет собой отношение работы сторонних сил  $(A)$  при перемещении заряда внутри источника тока к заряду  $(q)$ .

$$\zeta = A/q$$

СИ: В

*Закон Ома для полной цепи*

Сила тока  $(I)$  в полной цепи равна отношению ЭДС  $(\zeta)$  цепи к её полному сопротивлению (внутреннему сопротивлению  $r$  и внешнему  $R$ ).

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

*Последовательное соединение источников тока*

Если цепь содержит несколько последовательно соединённых элементов с ЭДС  $(\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3, \dots)$ , то полная ЭДС цепи  $(\zeta)$  равна алгебраической сумме ЭДС отдельных элементов.

$$\zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \dots$$

*Параллельное соединение источников тока*

Если цепь содержит несколько параллельно соединённых элементов с равными ЭДС  $(\zeta_1 = \zeta_2 = \zeta_3 = \dots)$ , то полная ЭДС цепи  $(\zeta)$  равна ЭДС каждого элемента.

$$\zeta = \zeta_1 = \zeta_2 = \zeta_3 = \dots$$

Примеры решения задач

Пример 1.

Два проводника при параллельном соединении имеют сопротивление 6 Ом, а при последовательном соединении - 27 Ом. Произведение сопротивлений этих проводников равно... (в Ом).

Дано:

$$R_{\text{пар}} = 6 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{посл}} = 27 \text{ Ом}$$

Решение:

При последовательном соединении двух проводников

$$R_{\text{посл}} = R_1 + R_2 = 27 \text{ Ом}$$

При параллельном соединении

$$R_1 R_2 = ?$$

$$\frac{1}{R_{нар}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2},$$

$$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 6 \text{ Ом}$$

$$R_1 R_2 = 6(R_1 + R_2) = 6R_{нос.л.}$$

Подставляем числовые значения:

$$R_1 R_2 = 6 \cdot 27 = 162 \text{ Ом}^2$$

Ответ:  $162 \text{ Ом}^2$ .

Пример 2.

При уменьшении сопротивления внешней цепи с 10 Ом до 4 Ом сила тока, текущего через источник, увеличилась от 1 А до 2 А. ЭДС источника тока равна. (в В).

Дано:

$$R_1 = 10 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 4 \text{ Ом}$$

$$I_1 = 1 \text{ А}$$

$$I_2 = 2 \text{ А}$$

Решение:

По закону Ома для полной цепи для первого и второго случая имеем:

$$\varepsilon = I_1(R_1 + r); \varepsilon = I_2(R_2 + r)$$

Разделим первое уравнение на второе:

$$\frac{R_1 + r}{R_2 + r} = \frac{I_2}{I_1} = 2$$

$$\varepsilon = ?$$

Произведя алгебраические преобразования, получаем:

$$R_1 + r = 2R_2 + 2r,$$

$$r = R_1 - 2R_2 = 2 \text{ Ом}$$

$$\varepsilon = I_1(R_1 + 2) = 1(10 + 2) = 12 \text{ В}$$

Ответ: 12 В.

Пример 3.

Батарея с внутренним сопротивлением 2 Ом и ЭДС 6В замкнута проводником с сопротивлением 8 Ом. Какое количество теплоты выделится в проводнике за 1 секунду?

Дано:

$$r = 2 \text{ Ом}$$

$$\varepsilon = 6 \text{ В}$$

$$R = 8 \text{ Ом}$$

Решение:  
Количество теплоты,  
выделяющееся в про воднике,  
определяется законом Джоуля-Ленца:

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

По закону Ома для полной цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r},$$

$$\frac{Q}{t} = ?$$

$$\frac{Q}{t} = \left( \frac{\varepsilon}{R+r} \right)^2 R$$

Подставляем числовые значения:

$$\frac{Q}{t} = 0,6^2 \cdot 8 = 2,88 \text{ Дж}$$

Ответ: 2,88 Дж.

### Вариант 1

1. Какая физическая величина равна произведению силы тока, напряжения и времени.

- А. Мощность                      Б. Работа                      В. Количество теплоты

2. Найдите работу, совершённую силами электрического поля при прохождении зарядом 6 мкКл разности потенциалов 220 В.

- А. 1,32 мДж                      Б. 2,64 мДж                      В. 0,66 мДж

3. Определите количество теплоты, выделяемое в проводнике за 2 минуты. Сопротивление проводника равно 10 Ом при силе тока 5 А.

- А. 30 кДж                      Б. 60 кДж                      В. 40 кДж

4. Два резистора, имеющие сопротивления 3 Ом и 6 Ом, включены параллельно в цепь постоянного тока. Чему равно отношение мощностей электрического тока в этих резисторах?

- А. 1:1                      Б. 1:2                      В. 2:1

5. Три резистора, имеющие сопротивления 3 Ом, 6 Ом и 9 Ом, включены последовательно в цепь постоянного тока. Каково отношение количества теплоты, выделяющегося на этих резисторах за одинаковое время?

- А. 1:1:1                      Б. 1:2:3                      В. 3:2:1

6. Две лампочки, имеющие номинальные мощности 50 Вт и 100 Вт, включены последовательно в цепь с напряжением 220 В. На какой из лампочек будет выделяться большее количество теплоты?

- А. На первой  
Б. На второй  
В. Выделится одинаковое количество теплоты



7. Определите мощность тока в электрической лампе, включенной в сеть напряжением 220 В, если известно, что сопротивление нити накала лампы 484 Ом. (Ответ: 8 А)

8. Определите количество теплоты, выделяемое в проводнике током за 1,5 мин, если сила тока в цепи равна 5 А, а напряжение на концах проводника 200 В.

(Ответ: 90 кДж)

9. Два проводника сопротивлением 10 Ом и 23 Ом включены в сеть напряжением 100 В. Какое количество теплоты выделится за 1 с в каждом проводнике, если их соединить параллельно? (Ответ: 1 кДж, 435 Дж)

### Вариант 2

1. Какая физическая величина определяется отношением работы электрического тока ко времени.

А. Количество теплоты      Б. Мощность      В. Напряжение

2. Какова работа, совершённая силами электрического поля при прохождении зарядом 4 мкКл разности потенциалов 120 В?

А. 0,96 мДж      Б. 0,48 мДж      В. 0,24 мДж

3. Какое количество теплоты выделяется за 3 мин в проводнике, имеющем сопротивление 20 Ом, при прохождении по нему тока силой 2 А?

А. 14,4 кДж      Б. 28,8 кДж      В. 20 кДж

4. Два резистора, имеющие сопротивления 3 Ом и 6 Ом, включены параллельно в цепь постоянного тока. Чему равно отношение количества теплоты, выделившегося на этих резисторах за одинаковое время?

А. 1:1      Б. 1:2      В. 2:1

5. Три резистора, имеющие сопротивления 3 Ом, 6 Ом и 9 Ом, включены последовательно в цепь постоянного тока. Каково отношение мощностей электрического тока на этих резисторах?

А. 1:1:1      Б. 1:2:3      В. 3:2:1

6. Две лампочки, имеющие номинальные мощности 100 Вт и 25 Вт, включены последовательно в цепь с напряжением 220 В. На какой из лампочек будет выделяться большее количество теплоты?

А. На первой

Б. На второй

В. Выделится одинаковое количество теплоты

7. Мощность, потребляемая из сети электрокамином, равна 0,98 кВт, а сила тока в его цепи 7,7 А. Определите величину напряжения на зажимах электрокамина.

(Ответ: 127 В)

8. Чему равно время прохождения тока силой 5 А по нагревательному элементу электроводонагревателя, если при напряжении на его концах 120 В в проводнике выделяется количество теплоты, равное 540 кДж? (Ответ: 900 с)

9. Определить мощность, потребляемую электрическим чайником, если в нем за 40 минут нагревается 3л воды от 20 до 100<sup>0</sup>С при КПД=60%. (Ответ: 700 Вт)

### Практическая работа №12 по теме: Применение правила левой руки для определения направления силы Ампера, силы Лоренца и силы тока.

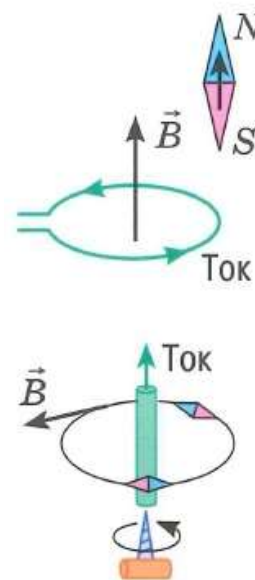
#### Магнитное поле. Вектор магнитной индукции. Правило буравчика:

- **Магнитное поле:** это особая форма, посредством которой осуществляется взаимодействие между **движущимися** электрически заряженными частицами
- **Вектор магнитной индукции  $\vec{B}$  [Тл]:** это силовая характеристика магнитного поля. Направление  $\vec{B}$  это направление от южного полюса к северному полюсу магнитной стрелки, свободно устанавливающейся в магнитном поле (совпадает с направлением положительной нормали к замкнутому контуру с током).
- **Правило Буравчика:** если направление поступательного движения буравчика совпадает с направлением тока в проводнике, то направление вращения ручки буравчика совпадает с направлением вектора  $\vec{B}$ .
- **Модуль вектора магнитной индукции  $B$**  - это отношение максимальной силы  $F_m$ , действующей со стороны магнитного поля на участок проводника с током, к произведению силы тока  $I$  на длину этого участка  $\Delta l$  :

$$B = \frac{F_m}{I \Delta l}$$

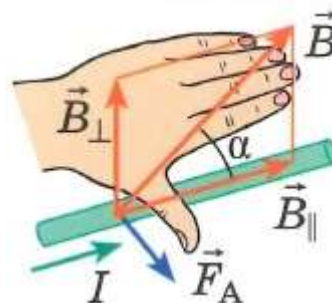
#### Сила Ампера, Закон Ампера, правило левой руки:

- **Сила Ампера:** это сила, действующая на проводник с током, помещенный в магнитное поле
- **Закон Ампера:** сила Ампера равна произведению модуля вектора магнитной индукции на силу тока, длину участка проводника  $\Delta l$  и на синус угла  $\alpha$  между магнитной индукцией и участком проводника:



$$F_A = B |I| \Delta l \sin \alpha$$

- при этом, очевидно, что если ток (проводник) перпендикулярен вектору магнитной индукции, то
- $\sin \alpha = 1$ , и формула принимает вид:
- $F_A = B |I| \Delta l \sin \alpha$
- **Правило левой руки:** если левую руку расположить так, чтобы перпендикулярная к проводнику составляющая вектора  $B$  входила в ладонь, а четыре вытянутых пальца были направлены по направлению движения тока, то отогнутый на  $90^\circ$  большой палец покажет направление силы, действующей на отрезок проводника

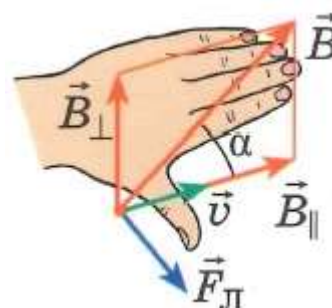


### Сила Лоренца, правило левой руки:

- **Сила Лоренца:** это сила, действующая на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля:

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

- при этом, очевидно, что если скорость частицы перпендикулярна вектору магнитной индукции, то
- то  $\sin \alpha = 1$ , и формула принимает вид:
- $F_L = |q| v B$
- **Правило левой руки:** если левую руку расположить так, чтобы составляющая вектора  $B$  перпендикулярная скорости заряда входила в ладонь, а четыре вытянутых пальца были направлены по движению положительного заряда (= против движения отрицательного заряда), то отогнутый на  $90^\circ$  большой палец покажет направление действующей заряд силы Лоренца



### Явление электромагнитной индукции, магнитный поток, поток магнитной индукции:

- **Электромагнитная индукция:** это явление возникновения электрического тока в проводящем контуре, который либо покоится в переменном магнитном поле, либо движется в постоянном магнитном поле таким образом, что число линий магнитной индукции, пронизывающих контур, меняется
- **Магнитный поток (=поток магнитной индукции)  $[Wb]$ :** через поверхность площадью  $S$  это величина равная произведению модуля вектора магнитной индукции  $B$  на площадь и косинус угла между вектором  $B$  и нормалью к плоскости  $S$ :

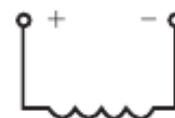
$$\Phi = BS \cos \alpha$$

- при этом, очевидно, что если магнитная индукция перпендикулярна плоскости,
- то  $\cos \alpha = 1$ , и формула принимает вид:

▪  $\Phi = BS$

### Вариант 1.

1. Определите магнитные полюсы соленоида  
 А. Слева N, справа S. Б. Справа N, слева S. В. Среди ответов нет верного.

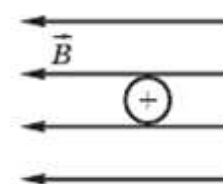


2. Определите направление индукции магнитного поля проводника с током в точке А, изображенном на рисунке.  
 А. К нам. Б. Перпендикулярно плоскости рисунка. В. Вниз. Г. Вверх. Д. Вправо. Е. Влево.



3. Определите индукцию однородного магнитного поля, в котором на прямой участок провода длиной 20 см, расположенный под углом  $30^\circ$  к линиям индукции, действует сила 0,2 Н, если по проводнику проходит ток 8 А.

4. Определите направление силы Ампера, действующей на проводник с током.  
 А. Вверх. Б. Вправо. В. Влево. Г. Вниз. Д. Среди ответов нет верного.



5. Прямолинейный проводник длиной  $l$  помещен в однородное магнитное поле, индукция которого  $B$ , под углом  $\alpha$  к линиям индукции; при силе тока  $I$ , текущего в проводнике, на него действует сила  $F$ .

Найдите:  
 $I$ , если  $l = 0,5$  м,  $B = 3$  Тл,  $F = 12$  Н,  $\alpha = 90^\circ$

6. Определите характер взаимодействия двух параллельных проводников, если концы А и С подключены к клеммам «плюс», а В и D — к «минусу» источника тока.



А. Притягиваются. Б. Отталкиваются. В. Взаимодействия нет.

7. Определите направление действия силы Ампера на проводник с током в магнитном поле.



А. Вправо. Б. Влево. В. Вверх. Г. Вниз. Д. К нам. Е. От нас.

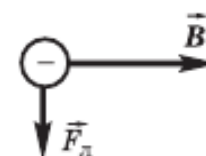
8. Частица вылетает из точки А в магнитное поле в направлении, как показано на рис. Определите знак заряда частицы, если она движется прямолинейно.



А. Плюс. Б. Минус. В. Заряд отсутствует. Г. Среди ответов нет верного.

9. Ядро атома гелия влетает в однородное магнитное поле с индукцией 2 Тл со скоростью  $5 \cdot 10^6$  м/с перпендикулярно направлению магнитного поля. Определите радиус окружности, по которой движется частица; заряд равен  $3,2 \cdot 10^{-19}$  Кл, масса  $6,65 \cdot 10^{-27}$  кг.

10. По направлению векторов, указанных на рисунке, определите направление скорости отрицательно заряженной частицы в магнитном поле.

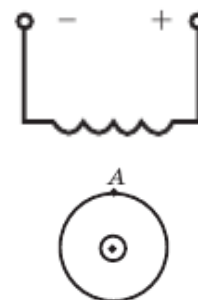


А. Влево. Б. Вправо. В. Вниз. Г. Вверх. Д. К нам. Е. За чертеж.

### Вариант 2.

1. Определите магнитные полюсы соленоида

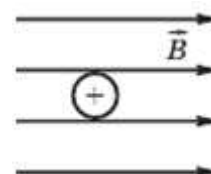
А. Слева N, справа S. Б. Справа N, слева S. В. Среди ответов нет верного.



2. Определите направление индукции магнитного поля проводника с током в точке А, изображенном на рисунке

А. К нам. Б. Перпендикулярно плоскости рисунка. В. Вниз. Г. Вверх. Д. Вправо. Е. Влево.

3. Определите индукцию однородного магнитного поля, в котором на проводник с активной длиной 0,4 м, расположенный перпендикулярно линиям индукции, действует сила 1,6 Н при силе тока 0,8 А.



4. Определите направление силы Ампера, действующей на проводник с током

А. Вверх. Б. Вправо. В. Влево. Г. Вниз. Д. Среди ответов нет верного.

5. Прямолинейный проводник длиной  $l$  помещен в однородное магнитное поле, индукция которого  $B$ , под углом  $\alpha$  к линиям индукции; при силе тока  $I$ , текущего в проводнике, на него действует сила  $F$ .

Найдите:  $l$ , если  $B = 2,4$  Тл,  $\alpha = 30^\circ$ ,  $I = 10$  А,  $F = 1,8$  Н

6. Определите характер взаимодействия двух параллельных проводников, если концы А и D подключены к клеммам «плюс», а В и С — к «минусу» источника тока.



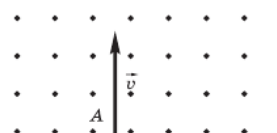
А. Притягиваются. Б. Отталкиваются. В. Взаимодействия нет.

7. Определите полюсы магнита если стрелка указывает направление действия силы Ампера.



А. Слева Северный, справа Южный. Б. Справа Северный, слева Южный.

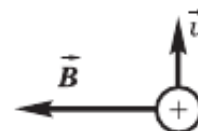
8. Частица вылетает из точки А в магнитное поле в направлении, как показано на рис. Определите знак заряда частицы, если она начинает отклоняться вправо.



А. Плюс. Б. Минус. В. Заряд отсутствует. Г. Среди ответов нет верного.

9. Электрон влетает в однородное магнитное поле, индукция которого 0,05 Тл, перпендикулярно линиям индукции со скоростью  $2 \cdot 10^4$  км/с. Найдите радиус кривизны траектории электрона.

10. По направлению векторов, указанных на рисунке, определите направление силы Лоренца, действующей на положительный заряд.



А. Влево. Б. Вправо. В. Вниз. Г. Вверх. Д. К нам. Е. За чертеж.

**Ключи:**

№	В1	В2	Отв. 1	Отв. 2
1	1	2	А	Б
2	3	4	Г	Е
3	1 б	4 з	0,25 Тл	5 Тл
4	1	4	А	Г
5	2 д	3 ж	8 А	0,15 м

6	1	2	А	Б
7	1	3	Г	А
8	3	1	В	А
9	2 В	1 Г	5,2 см	2,2 мм
10	2	1	Д	Д

**Критерии оценивания:**

Оценка 5 ставится, если учащиеся верно выполнили 9 или 10 заданий.

Оценка 4 ставится, если учащиеся верно выполнили 7 или 8 заданий.

Оценка 3 ставится, если учащиеся верно выполнили 5 или 6 заданий.

Учащиеся, выполнившие меньшее количество заданий, получают оценку 2.

**Практическая работа №13 по теме: Закон электромагнитной индукции. ЭДС индукции. Самоиндукция. Энергия магнитного поля.**

**Цель:** Научиться применять основные формулы раздела «Магнитное поле. Электромагнитная индукция» при расчете действия магнитного поля на проводник с током и движущиеся заряженные частицы; использовать закон ЭМИ для решения задач

**Порядок выполнения работы:**

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач.
2. Рассмотреть примеры решения задач.
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

Теоретический материал

Сила Ампера – это сила, действующая на проводник с током со стороны магнитного поля.

$$F_A = \Delta l B I \sin \alpha$$

$\Delta l$  – длина активной части проводника,  $B$  – магнитная индукция,  $I$  – сила тока,  $\alpha$  – угол между направлением тока и вектором индукции магнитного поля.

Направление силы Ампера определяется по правилу левой руки: если кисть левой руки расположить так, что четыре пальца указывают направление тока в проводнике, а вектор магнитной индукции входит в ладонь, то, отогнутый на  $90^0$  большой палец, покажет направление силы, действующей на проводник.

Сила Лоренца – это сила, действующая на движущуюся электрически заряженную частицу со стороны магнитного поля.

$$F_{л} = qvB \sin \alpha$$

Направление силы Лоренца определяется по правилу левой руки: если кисть левой руки расположить так, что четыре пальца указывают направление скорости положительного заряда, а вектор магнитной индукции входит в ладонь, то отогнутый на  $90^{\circ}$  большой палец покажет направление силы Лоренца. Для отрицательного заряда направление меняется на противоположное.

Магнитный поток – физическая величина, равная произведению модуля вектора магнитной индукции на площадь поверхности и на косинус угла между вектором магнитной индукции и нормалью к поверхности.

$$\Phi = B S \cos \alpha$$

Нормаль  $\vec{n}$  – вектор, перпендикулярный поверхности.

Единица измерения магнитного потока в СИ: 1 Вб (вебер).

ЭДС индукции в движущемся проводнике. На концах проводника, движущемся в магнитном поле, возникает разность потенциалов, или ЭДС индукции:

$$E_i = v B_{\perp} l$$

$v$  – скорость движения проводника,  $B_{\perp}$  – перпендикулярная составляющая вектора магнитного поля,  $l$  – длина проводника.

Электромагнитная индукция – это явление возникновения вихревого электрического поля, вызывающего электрический ток в замкнутом контуре при изменении потока магнитной индукции через поверхность, ограниченную этим контуром.

Закон электромагнитной индукции (закон Фарадея – Максвелла).

ЭДС индукции в замкнутом контуре численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром.

$$E_i = \frac{-\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Правило Ленца. Индукционный ток в контуре имеет такое направление, что созданный им магнитный поток через поверхность, ограниченную контуром, препятствует изменению магнитного потока, вызвавшего этот ток.

Индуктивность – это физическая величина, равная коэффициенту пропорциональности между магнитным потоком через площадь, ограниченную контуром проводника, и силой тока в контуре.

$$\Phi = LI$$

$\Phi$  – магнитный поток,  $L$  – индуктивность,  $I$  – сила тока.

Единица измерения индуктивности в СИ: 1 Гн (генри).

Индуктивность зависит от формы и размеров проводника. Это свойство проводника создавать магнитное поле.

Самоиндукция – возникновение ЭДС индукции в проводящем контуре при изменении в нем силы тока.

$$E_{\text{з}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Энергия магнитного поля катушки:

$$W_{\text{м}} = \frac{L i^2}{2}$$

Примеры решения задач

Пример №1.

Определить модуль силы Ампера, действующей на проводник с током длиной 25 см в магнитном поле с индукцией 0,04 Тл, если угол между вектором магнитной индукции и направлением тока  $30^\circ$ . Сила тока в проводнике 0,25 А.

Дано:

$$\begin{aligned} \Delta l &= 25 \text{ см} \\ B &= 0,04 \text{ Тл} \\ \alpha &= 30^\circ \\ I &= 0,25 \text{ А} \end{aligned}$$

На проводник с током в

магнитном поле действует сила

$$F_A = B I \Delta l \cdot \sin \alpha.$$

Подставив значения всех величин согласно условию задачи, получим

$$\begin{aligned} F_A &= 0,04 \text{ Тл} \cdot 0,25 \text{ А} \cdot 0,25 \text{ м} \cdot 0,5 \\ &= 0,00125 \text{ Н} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ Н}. \end{aligned}$$

$$\underline{\quad\quad\quad} F_A = ?$$

Ответ:  $F_A = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$ .

Решение:

Пример 2.

В соленоиде, содержащем 1000 витков, магнитный поток равномерно убывает от 10 до 6 мВб, в течение 20мс. Определить ЭДС индукции в соленоиде.

Решение

$$e_i = -N \Delta\Phi/\Delta t$$

$$\Phi_1 = 10 \text{ мВб} = 0,01 \text{ Вб}$$

$$\Phi_2 = 6 \text{ мВб} = 0,006 \text{ Вб}$$



$$\underline{N = 1000}$$

$$t = 20 \text{ мс} = 0,02 \text{ с}$$

$$e_i = - \dot{\Phi} = e_i = 1000 \cdot (0,006 \text{ Вб} - 0,01 \text{ Вб}) / 0,02 \text{ с} =$$

$$= 200 \text{ В} ,$$

$$e_i - ?$$

Ответ:  $e_i = 200 \text{ В}$

Пример 3.

С какой скоростью надо перемещать проводник, длина активной части которого 80 см, под углом  $65^\circ$  к линиям магнитной индукции, чтобы в проводнике возбуждалась ЭДС индукции – 2,5 В, если индукция магнитного поля равна 0,4 Тл?

Дано

Формула

Решение

$$B = 0,4 \text{ Тл}$$

$$e_i = 2,5 \text{ В}$$

$$l = 80 \text{ см} = 0,8 \text{ м}$$

$$| \alpha = 65^\circ$$

$$e_i = v l B \sin \alpha$$

$$v = e_i / l B \sin \alpha$$

$$v = 2,5 \text{ В} / 0,8 \text{ м} \cdot 0,4 \text{ Тл} \cdot \sin 65^\circ =$$

$$= \underline{8,62 \text{ м/с}}$$

$$v - ?$$

Ответ:  $v = 8,62 \text{ м/с}$

**1 вариант.**

1. Самолет летит горизонтально со скоростью 1200 км/ч. Найдите разность потенциалов, возникающую на концах крыльев, если вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли равна  $5 \cdot 10^{-5}$  Тл. Размах крыльев равен 40 м.

2. В катушке индуктивностью 0,01 Гн проходит ток силой 20 А. Определите ЭДС самоиндукции, которая возникает в катушке при исчезновении тока в ней за 0,002 с.

3. Какой заряд пройдет через поперечное сечение витка, сопротивление которого равно 0,03 Ом, при уменьшении магнитного потока внутри витка на 12 мВб?

**2 вариант.**

1. Определите индуктивность катушки, если известно, что сила тока в цепи за 0,02 с возрастает до максимальной и равна 4 А, создавая при этом ЭДС самоиндукции 12 В.

2. Катушка, имеющая 100 витков, находится в магнитном поле, индукция которого уменьшилась от 8 Тл до 2 Тл в течение 0,4 с. Определите значение ЭДС индукции, если площадь поперечного сечения катушки равна 50 см<sup>2</sup>, а плоскость витков перпендикулярна силовым линиям поля.

3. Проводник длиной 2 м и сопротивлением 0,02 Ом движется в магнитном поле со скоростью 6 м/с перпендикулярно силовым линиям поля. Чему равно значение силы тока, возникающего в проводнике. Если его замкнуть накоротко. Индукция магнитного поля равна 10 мТл.

**Ключи:**

1 вариант. 1. 0,66 В. 2. 100 В. 3.  $25 \cdot 10^{-4}$  Кл.

2 вариант. 1. 0,06 Гн. 2. 7,5 В. 3. 6 А.

**Критерии оценивания:**

Оценка 5 ставится, если учащиеся выполнили верно 3 задачи, верно записали условие задачи, перевели величины в систему СИ, записали все необходимые и достаточные формулы для решения задачи, верно подставили численные значения, верно провели вычисления по формулам и верно записали ответ.

Оценка 4 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 2 задачи, в 3 задаче допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 3 ставится, если верно и полностью правильно решена и записана 1 задача, во 2 и 3 задачах допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 2 ставится, если в каждой из 3 задач допущены какие-либо ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

## Практическая работа №14 по теме: Механические колебания. Волны. Звук

**Цель:** Закрепить знания по теме «Колебания и волны», сформировать умения и навыки нахождения физической величины, её вывода из формулы.

### Порядок выполнения работы:

4. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
5. Рассмотреть примеры решения задач
6. Получить и выполнить индивидуальные задания.

Теоретическая часть

Колебания, рассматриваемые в разделе «Механика», называются механическими, при которых рассматриваются изменения положений, скоростей, ускорений и энергий каких-либо тел или их частей.

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

Виды колебаний: а) свободные, которые совершаются под действием одной возвращающей силы (первоначально сообщенной энергии); б) вынужденные колебания, происходящие под воздействием внешней периодической силы; в) автоколебания, происходящие при периодическом поступлении энергии от источника внутри колебательной системы.

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

Отклонения от положения равновесия называют смещением, и обозначается  $X$ , а наибольшее смещение называется амплитудой колебания и обозначается  $A$ .

Периодические колебания совершаются циклично. 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:

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

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.

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

Период колебания определяется уравнением:

Волной называют процесс распространения колебаний в пространстве. Волны

характеризуются длиной волны и скоростью распространения  $v = \frac{\lambda}{T}$  где  $v$  – скорость волны (м/с),

$\lambda$  – длина волны (м),  $T$  – период колебания (с).

Примеры решения задач

Пример 1. 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:

$$k = 0,5 \text{ кН/м} = 500 \text{ Н/м},$$

$$x = 6 \text{ см} = 0,06 \text{ м},$$

$$v = 3 \text{ м/с}.$$

Найти:  $m$

Решение.

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kx^2}{2}; m = k \frac{x^2}{v^2} = k \left(\frac{x}{v}\right)^2 = ;$$

$$= 500 \text{ Н/м} \cdot \left(\frac{0,06 \text{ м}}{3 \text{ м/с}}\right)^2 = 0,2 \text{ кг}.$$

Ответ:  $m = 0,2 \text{ кг}$ .

Пример 2. При подвешивании груза массой 1 кг стальная пружина в положении равновесия удлинилась на 1 см. С каким периодом будет совершать колебания этот груз на пружине после смещения его по вертикали из положения равновесия?

Решение:

Под действием силы упругости пружины тело массой  $m$  совершает гармонические колебания с периодом, определяемым по формуле

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

где  $k$  - жесткость пружины.

Жесткость пружины можно найти по ее удлинению под действием силы тяжести груза массой  $m$ . По закону Гука

$$(F_y)_x = -kx$$

Для модуля силы упругости в положении равновесия выполняется равенство

$$F_y = kx_0 = mg, \text{ следовательно,}$$

$$k = \frac{mg}{x_0}$$

Подставляем полученное выражение в формулу для вычисления периода колебаний:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{mx_0}{mg}} = 2\pi \sqrt{\frac{x_0}{g}}; T \approx 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{10^{-2} \text{ м}}{9,8 \text{ м/с}^2}} \approx 0,2 \text{ с}$$

Пример 3. Напишите уравнение гармонических колебаний, если амплитуда равна 7 см и за 2 мин совершается 240 колебаний. Начальная фаза колебаний равна  $\pi/2$  рад.

Решение:

$$\begin{array}{l} x_m = 0,07 \text{ м} \\ \tau = 120 \text{ с} \\ n = 240 \\ \Phi_0 = \frac{\pi}{2} \text{ рад} \\ x - ? \end{array} \left| \begin{array}{l} x = x_m \cos(\omega_0 t + \Phi_0) \\ \omega_0 = \frac{2\pi}{T} \\ T = \frac{\tau}{n} \\ x = x_m \cos\left(\frac{2\pi n}{\tau} t + \Phi_0\right) \end{array} \right. \begin{array}{l} x = 0,07 \cos\left(\frac{2\pi \cdot 240}{120} t + \frac{\pi}{2}\right), \\ x = 0,07 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{2}\right). \end{array}$$

### 1 вариант.

1. Маятник совершил 100 колебаний за 50 с. Определите период и частоту колебаний маятника.

2. Чему равна длина волны, распространяющейся со скоростью 4 м/с, в которой за время 10 с происходит 5 колебаний?

3. При определении скорости звука в чугуне у одного конца чугунной трубы ударили в колокол, у другого конца наблюдатель слышал два звука: сначала - один, пришедший по чугуну, а спустя 2,5 с - другой, пришедший по воздуху. Длина трубы равна 930 м. Определите по этим данным скорость звука в чугуне. Скорость звука в воздухе примите равной 340 м/с.

### 2 вариант.

1. Определите число колебаний груза на пружине за время, равное 20 с, если частота его колебаний равна 4 Гц. Чему равен период колебаний?

2. Человек, стоящий на берегу моря. Определил. Что расстояние между соседними гребнями волн равно 8 м. Кроме того, он подсчитал, что за время 60 с мимо него прошло 23 волновых гребня. Определите скорость распространения волн.

3. При определении скорости звука в чугуне у одного конца чугунной трубы ударяли в колокол, у другого конца наблюдатель слышал два звука: сначала - один, пришедший по чугуну, а спустя 2,5 с - другой, пришедший по воздуху. Длина трубы равна 930 м. Определите по этим данным скорость звука в чугуне. Скорость звука в воздухе примите равной 340 м/с.

**Ключи:**

1 вариант: 1.0,5 с, 2 Гц. 2. 8 м. 3. 3952 м/с. 2 вариант: 1.80, 0,25 с. 2. 2,9 м/с. 3. 3952 м/с.

**Критерии оценивания:**

Оценка 5 ставится, если учащиеся выполнили верно 3 задачи, верно записали условие задачи, перевели величины в систему СИ, записали все необходимые и достаточные формулы для решения задачи, верно подставили численные значения, верно провели вычисления по формулам и верно записали ответ.

Оценка 4 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 2 задачи, в 3 задаче допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 3 ставится, если верно и полностью правильно решена и записана 1 задача, во 2 и 3 задачах допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 2 ставится, если в каждой из 3 задач допущены какие-либо ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

**Практическая работа №15 по теме: Колебательный контур. Колебания напряжения и тока. Формула Томсона.**

**Электромагнитными колебаниями** называют периодические взаимосвязанные изменения заряда, силы тока и напряжения.

**Свободными колебаниями** называют такие, которые совершаются без внешнего воздействия за счет первоначально накопленной энергии.

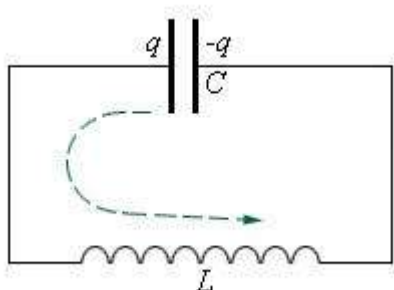
**Вынужденными** называются колебания в цепи под действием внешней периодической электродвижущей силы

**Свободные электромагнитные колебания** – это периодически повторяющиеся изменения электромагнитных величин ( $q$  – электрический заряд,  $I$  – сила тока,  $U$  – разность потенциалов), происходящие без потребления энергии от внешних источников.

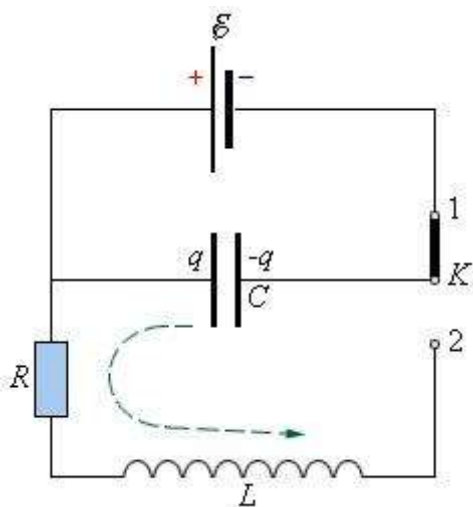
Простейшей электрической системой, способной совершать свободные колебания, является **последовательный RLC-контур** или **колебательный контур**.

**Колебательный контур** – это система, состоящая из последовательно соединенных конденсатора емкости  $C$ , катушки индуктивности  $L$  и проводника с сопротивлением  $R$

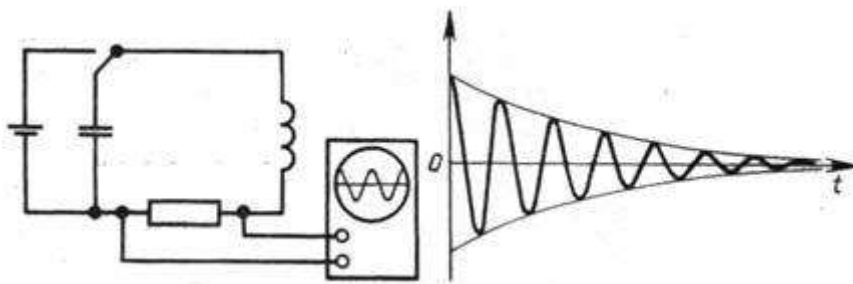
Рассмотрим закрытый колебательный контур, состоящий из индуктивности  $L$  и емкости  $C$ .



Чтобы возбудить колебания в этом контуре, необходимо сообщить конденсатору некоторый заряд от источника  $\varepsilon$ . Когда ключ  $K$  находится в положении 1, конденсатор заряжается до напряжения. После переключения ключа в положение 2 начинается процесс разрядки конденсатора через резистор  $R$  и катушку индуктивности  $L$ . При определенных условиях этот процесс может иметь колебательный характер



Свободные электромагнитные колебания можно наблюдать на экране осциллографа.



Как видно из графика колебаний, полученного на осциллографе, свободные электромагнитные колебания являются **затухающими**, т.е. их амплитуда уменьшается с течением времени. Это происходит потому, что часть электрической энергии на активном сопротивлении  $R$  превращается во внутреннюю энергию проводника (проводник нагревается при прохождении по нему электрического тока).

Рассмотрим, как происходят колебания в колебательном контуре и какие изменения энергии при этом происходят. Рассмотрим сначала случай, когда в контуре нет потерь электромагнитной энергии ( $R = 0$ ).

Если зарядить конденсатор до напряжения  $U_0$  то в начальный момент времени  $t_1=0$  на обкладках конденсатора установятся амплитудные значения напряжения  $U_0$  и заряда  $q_0 = CU_0$ .

Полная энергия  $W$  системы равна энергии электрического поля  $W_{эл}$ :

$$W = W_{эл} = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{q_0^2}{2C}$$

Если цепь замыкают, то начинает течь ток. В контуре возникает э.д.с. самоиндукции

$$\mathcal{E} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Вследствие самоиндукции в катушке конденсатор разряжается не мгновенно, а постепенно (так как, согласно правилу Ленца, возникающий индукционный ток своим магнитным полем противодействует тому изменению магнитного потока, которым он вызван. Т.е. магнитное поле индукционного тока не дает мгновенно увеличиться магнитному потоку тока в контуре). При этом ток увеличивается постепенно, достигая своего максимального значения  $I_0$  в момент времени  $t_2=T/4$ , а заряд на конденсаторе становится равным нулю.

По мере разрядки конденсатора энергия электрического поля уменьшается, но одновременно возрастает энергия магнитного поля. Полная энергия контура после разрядки конденсатора равна энергии магнитного поля  $W_m$ :

$$W = W_m = \frac{LI^2}{2}$$



В следующий момент времени ток течет в том же направлении, уменьшаясь до нуля, что вызывает перезарядку конденсатора. Ток не прекращается мгновенно после разрядки конденсатора вследствие самоиндукции (теперь магнитное поле индукционного тока не дает магнитному потоку тока в контуре мгновенно уменьшиться). В момент времени  $t_3=T/2$  заряд конденсатора опять максимален и равен первоначальному заряду  $q = q_0$ , напряжение тоже равно первоначальному  $U = U_0$ , а ток в контуре равен нулю  $I = 0$ .

Затем конденсатор снова разряжается, ток через индуктивность течёт в обратном направлении. Через промежуток времени  $T$  система приходит в исходное состояние. Завершается полное колебание, процесс повторяется.

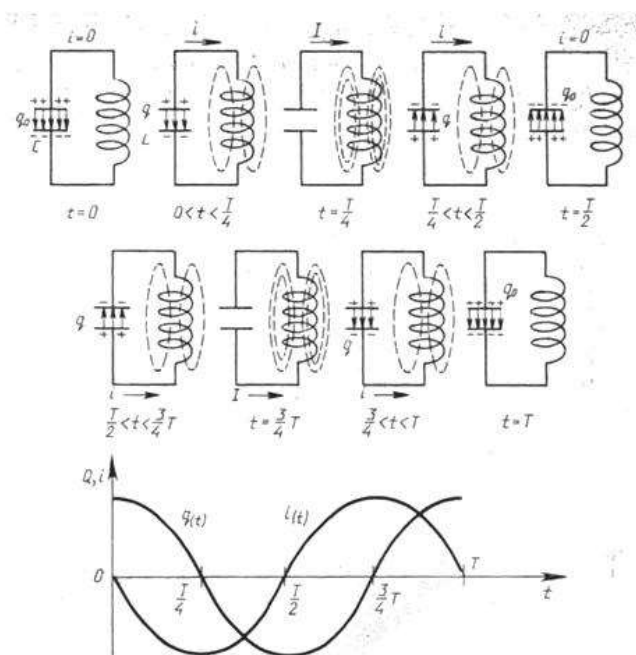


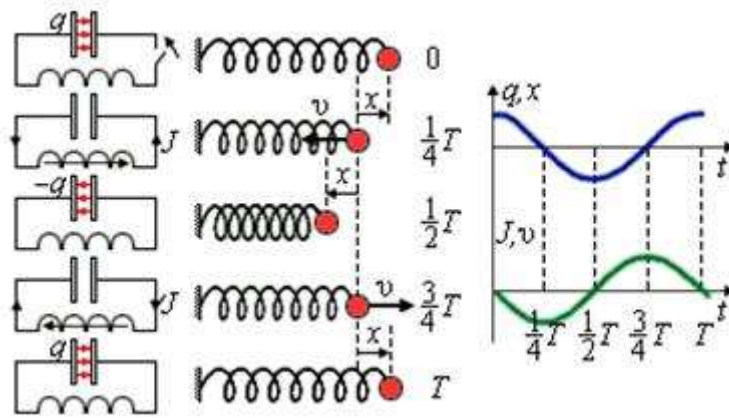
График изменения заряда и силы тока при свободных электромагнитных колебаниях в контуре показывает, что колебания силы тока отстают от колебаний заряда на  $\pi/2$ .

В любой момент времени полная энергия:

$$W = W_{эл} + W_{м} = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{q_0^2}{2C}$$

При свободных колебаниях происходит периодическое превращение электрической энергии  $W_{эл}$ , запасенной в конденсаторе, в магнитную энергию  $W_{м}$  катушки и наоборот. **Если в колебательном контуре нет потерь энергии, то полная электромагнитная энергия системы остается постоянной.**

Свободные электрические колебания аналогичны механическим колебаниям. На рисунке приведены графики изменения заряда  $q(t)$  конденсатора и смещения  $x(t)$  груза от положения равновесия, а также графики тока  $I(t)$  и скорости груза  $v(t)$  за один период колебаний.



В отсутствие затухания свободные колебания в электрическом контуре являются **гармоническими**, то есть происходят по закону

$$q(t) = q_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

Параметры  $L$  и  $C$  колебательного контура определяют только собственную частоту

свободных колебаний  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  и период колебаний  $T = 2\pi\sqrt{LC}$  - формула Томпсона

Амплитуда  $q_0$  и начальная фаза  $\varphi_0$  определяются **начальными условиями**, то есть тем способом, с помощью которого система была выведена из состояния равновесия.

Для колебаний заряда, напряжения и силы тока получаются формулы:

**Для конденсатора:**

$$q(t) = q_0 \cos \omega_0 t$$

$$U(t) = U_0 \cos \omega_0 t$$

**Для катушки индуктивности:**

$$i(t) = I_0 \cos(\omega_0 t + \pi/2)$$

$$U(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \pi)$$

Вспомогательные основные характеристики колебательного движения:

$q_0, U_0, I_0$  - **амплитуда** – модуль наибольшего значения колеблющейся величины

$T$  - **период** – минимальный промежуток времени через который процесс полностью повторяется

$\nu$  - **Частота** – число колебаний в единицу времени

$\omega$  - **Циклическая частота** – число колебаний за  $2\pi$  секунд

$\varphi$  - **фаза колебаний** - величина стоящая под знаком косинуса (синуса) и характеризующая состояние системы в любой момент времени.

### 1 вариант.

1. Возникающая в рамке ЭДС индукции при вращении в однородном магнитном поле изменяется по закону  $E = 12 \sin 100\pi t$ . Определите амплитуду колебаний ЭДС и ее

действующее значение. А также циклическую и линейную частоту, период, фазу и начальную фазу колебаний.

2. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $2\text{ мкФ}$  и катушки индуктивностью  $500\text{ мГн}$ . Определить частоту собственных колебаний контура.

3. В колебательном контуре индуктивность катушки равна  $0,2\text{ Гн}$ , а амплитуда колебаний силы тока равна  $40\text{ мА}$ . Найдите энергию электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки в тот момент, когда мгновенное значение силы тока в 2 раза меньше амплитудного.

## 2 вариант.

1. Сила тока в цепи изменяется по закону  $i=3\cos(100\pi t+\pi/3)$ . Определите амплитуду колебаний силы тока и ее действующее значение. А также циклическую и линейную частоту, период, фазу и начальную фазу колебаний.

2. В колебательный контур включен конденсатор емкостью  $200\text{ пФ}$ . Какую индуктивность нужно включить в контур, чтобы получить частоту колебаний равную  $400\text{ кГц}$ ?

3. В колебательном контуре, где индуктивность катушки равна  $0,4\text{ Гн}$ , емкость конденсатора равна  $20\text{ мкФ}$ , амплитудное значение силы тока равно  $0,1\text{ А}$ . Каким будет напряжение в момент, когда энергия электрического и энергия магнитного поля будут равны? (Колебания считать незатухающими).

### Ключи:

1 вариант:  $1,12\text{ В}$ ,  $8,5\text{ В}$ ,  $100\pi\text{ рад/с}$ ,  $50\text{ Гц}$ ,  $0,02\text{ с}$ ,  $100\pi t$  рад,  $0$ .  $2160\text{ Гц}$ . 3.  $120\text{ мкДж}$ ,  $40\text{ мкДж}$ .

2 вариант:  $1,3\text{ А}$ ,  $2,13\text{ А}$ ,  $100\pi\text{ рад/с}$ ,  $50\text{ Гц}$ ,  $0,02\text{ с}$ ,  $100\pi t+\pi/3$  рад. 2.  $0,8\text{ мГн}$ . 3.  $10\text{ В}$ .

### Критерии оценивания:

Оценка 5 ставится, если учащиеся выполнили верно 3 задачи, верно записали условие задачи, перевели величины в систему СИ, записали все необходимые и достаточные формулы для решения задачи, верно подставили численные значения, верно провели вычисления по формулам и верно записали ответ.

Оценка 4 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 2 задачи, в 3 задаче допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

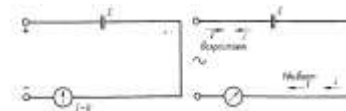
Оценка 3 ставится, если верно и полностью правильно решена и записана 1 задача, во 2 и 3 задачах допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 2 ставится, если в каждой из 3 задач допущены какие-либо ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

### Практическая работа №16 по теме: Емкостное и индуктивное сопротивление переменного тока.

#### Емкостное сопротивление в цепи переменного тока

При включении конденсатора в цепь постоянного напряжения сила тока  $I=0$ , а при включении конденсатора в цепь переменного напряжения сила тока  $I \neq 0$ . Следовательно, конденсатор в цепи переменного напряжения создает сопротивление меньше, чем в цепи постоянного тока.

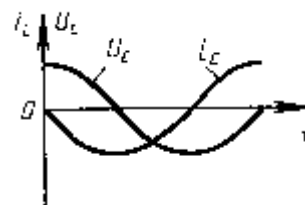


Мгновенное значение напряжения равно  $u = U_0 \cos \omega t$ .  
 Мгновенное значение силы тока

$$i = q' = (Cu)' = -CU_0 \omega \sin \omega t = I_0 \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

равно:

Таким образом, колебания напряжения отстают от колебаний тока по фазе на  $\pi/2$ .



Т.к. согласно закону Ома сила тока прямо пропорциональна напряжению, то для максимальных значений тока и напряжения

$$I_0 = CU_0 \omega = \frac{U_0}{\frac{1}{\omega C}} = \frac{U_0}{X_C}$$

получим:  
**сопротивление.**

$$X_C = \frac{1}{\omega C} - \text{емкостное}$$

$$I_0 = \frac{U_0}{\frac{1}{\omega C}}$$

Емкостное сопротивление не является характеристикой проводника, т.к. зависит от параметров цепи (частоты).

$$I_0 = \frac{U_0}{X_C}$$

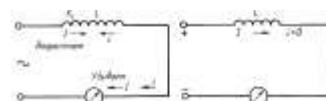
Чем больше частота переменного тока, тем лучше пропускает конденсатор ток (тем меньше сопротивление конденсатора переменному току).

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

Т.к. разность фаз между колебаниями тока и напряжения равна  $\pi/2$ , то мощность в цепи равна 0: энергия не расходуется, а происходит обмен энергией между источником напряжения и емкостной нагрузкой. Такая нагрузка наз. *реактивной*.

### Индуктивное сопротивление в цепи переменного тока

В катушке, включенной в цепь переменного напряжения, сила тока меньше силы тока в цепи постоянного напряжения для этой же катушки. Следовательно, катушка в цепи переменного напряжения создает большее сопротивление, чем в цепи постоянного напряжения.



Мгновенное значение силы тока:  $i = I_0 \sin \omega t$

$$i = I_0 \sin \omega t$$

Мгновенное значение напряжения можно установить, учитывая, что  $u = -\epsilon_i$ , где  $u$  – мгновенное значение напряжения, а  $\epsilon_i$  – мгновенное значение ЭДС самоиндукции, т. е. при изменении тока в цепи возникает ЭДС самоиндукции, которая в соответствии с законом электромагнитной индукции и правилом Ленца равна по величине и противоположна по фазе приложенному напряжению.

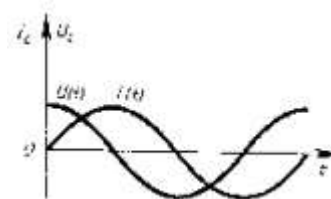
$$\epsilon_i = -Li' = -L\omega I_0 \cos \omega t$$

$$u = L\omega I_0 \cos \omega t = U_0 \cos \omega t = U_0 \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

Следовательно

, где  $U_0 = I_0 \cdot \omega L$  амплитуда напряжения.

Напряжение опережает ток по фазе на  $\pi/2$ .



Т.к. согласно закону Ома сила тока прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению, то приняв величину  $\omega L$  за сопротивление катушки переменному току, получим: - закон Ома для цепи с чисто индуктивной нагрузкой.

$$U_0 = I_0 \cdot \omega L$$

Величина  $X_L = \omega L$  - индуктивное сопротивление.

$$X_L = \omega L$$

Т.о. в любое мгновение времени изменению силы тока противодействует ЭДС самоиндукции. ЭДС самоиндукции — причина индуктивного сопротивления.

$$I_0 = \frac{U_0}{X_L}$$

В отличие от активного сопротивления, индуктивное не является характеристикой проводника, т.к. зависит от параметров цепи (частоты): чем больше частота переменного тока, тем больше сопротивление, которое ему оказывает катушка.

Т.к. разность фаз между колебаниями тока и напряжения равна  $\pi/2$ , то мощность в цепи равна 0: энергия не расходуется, а происходит обмен энергией между источником напряжения и индуктивной нагрузкой. Такая нагрузка наз. *реактивной*.

### Вариант 1

1. Какая зависимость напряжения от времени  $t$  соответствует гармоническим колебаниям?

2. На графике (рис.44) приведена зависимость силы тока в цепи от времени. Чему равен период колебаний тока? Напишите уравнение гармонических колебаний силы тока, если начальная фаза равна нулю.

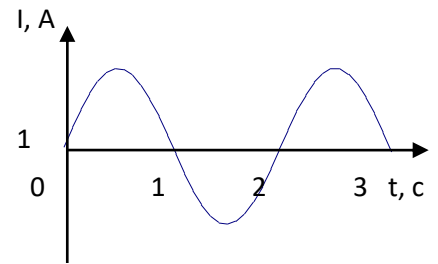


Рис. 44

3. Период свободных колебаний тока в электрическом контуре равен  $T$ . В некоторый момент энергия электрического поля в конденсаторе достигает максимума.

Через какое минимальное время после этого достигнет максимума энергия магнитного поля в катушке?

4. Определи КПД понижающего (в 20 раз) трансформатора, если от сети 220 В он потребляет ток 0,1 А, а через нагрузку при этом идет ток 1 А.

5. Ток в колебательном контуре изменяется со временем по закону  $i = 0,01 \cos 1000t$ . Найти индуктивность контура, зная, что емкость его конденсатора  $2 \cdot 10^{-5}$  Ф.

### Вариант 2

1. Если емкость конденсатора в электрическом колебательном контуре уменьшится в 9 раз, то как изменится частота колебаний?

2. В цепь переменного тока включены последовательно резистор, конденсатор и катушка. Амплитуда колебаний напряжения на резисторе 3 В, на конденсаторе 5 В, на катушке 1 В. Чему равна амплитуда колебаний на участке цепи, состоящей из этих трех элементов?

3. По графику, изображенному на рисунке 45, определите амплитуду напряжения и период колебания. Запишите уравнение мгновенного значения напряжения.

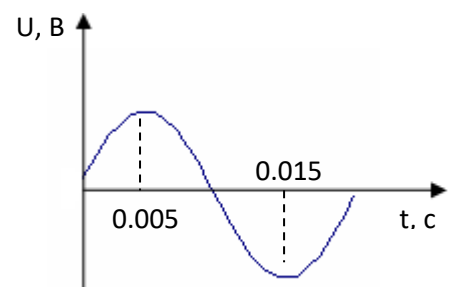


Рис. 45

4. В колебательном контуре зависимость силы тока от времени описывается уравнением  $i = 0,06 \sin 10^6 \pi t$ . Определить частоту электромагнитных колебаний и индуктивность катушки, если максимальная энергия магнитного поля  $1,8 \cdot 10^{-4}$  Дж.

5. Мощный трансформатор понижает напряжение с 220 В до 11 В. Эффективная сила тока во вторичной обмотке (из 100 витков) равна 5 А. Сколько витков в первичной обмотке? Какой в ней максимальный ток?

### Вариант 3

1. Изменение заряда конденсатора в колебательном контуре происходит по закону  $q = 3\cos 5t$  ( $q$  измеряется в микрокулонах,  $t$  – в секундах). Амплитуда колебаний заряда равна....

2. На графике (рис. 46) приведена зависимость силы тока в цепи от времени. Чему равно действующее значение силы тока?

3. Значение силы тока, измеренное в амперах, задано уравнением  $i = 0,28\sin 50\pi t$ , где  $t$  выражено в секундах. Определите амплитуду силы тока, частоту и период.

4. Напряжение на обкладках конденсатора в колебательном контуре изменяется по закону  $u = 50\cos 10^4\pi t$ . Емкость конденсатора  $0,9$  мкФ. Найти индуктивность контура и закон изменения со временем силы тока в цепи.

5. На какое напряжение должна быть рассчитана изоляция вторичной обмотки повышающего (в 10 раз) трансформатора, подключаемого к сети  $220$  В  $50$  Гц, в какой обмотке провод толще? Почему?

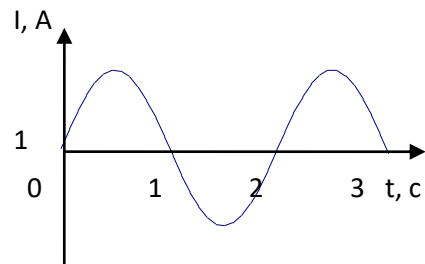


Рис. 46

### Вариант 4

1. Какое выражение определяет индуктивное сопротивление катушки индуктивностью  $L$  в цепи переменного тока частотой  $\omega$ ?

2. В схеме, состоящей из конденсатора и катушки, происходят свободные электромагнитные колебания. Если с течением времени начальный заряд, сообщенный конденсатору, уменьшился в два раза, то как изменится полная энергия, запасенная в конденсаторе?

3. По графику, изображенному на рисунке 47, определите амплитуду напряжения, период и значение напряжения для фазы  $\pi/3$  рад.

4. Зависимость силы тока от времени в колебательном контуре определяется уравнением  $i = 0,02\sin 500\pi t$ . Индуктивность контура  $0,1$  Гн. Определить период электромагнитных колебаний, емкость контура, максимальную энергию магнитного и электрического полей.

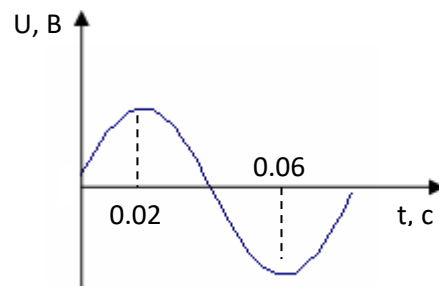


Рис. 47

5. Первичная обмотка трансформатора из  $1000$  витков подключена к сети  $220$  В. Сколько витков должна содержать вторичная обмотка для питания  $10$  В лампочки? Определи минимальную мощность трансформатора, если сопротивление лампы =  $20$  Ом ?

### Вариант 5

1. Какое выражение определяет емкостное сопротивление конденсатора электроемкость  $C$  в цепи переменного тока частотой  $\omega$ ?

2. Отношение действующего значения гармонического переменного тока к его амплитуде равно....

3. Изменение заряда конденсатора в колебательном контуре происходит по закону  $q = 10^{-4} \cos 10\pi t$  (Кл). Чему равен период электромагнитных колебаний в контуре (время измеряется в секундах)?

4. Конденсатор емкостью  $C = 5$  мкФ подключен к цепи переменного тока с  $U_m = 95,5$  В и частотой  $\nu = 1$  кГц (рис. 48). Какую силу тока покажет амперметр, включенный в сеть? Сопротивлением амперметра можно пренебречь.

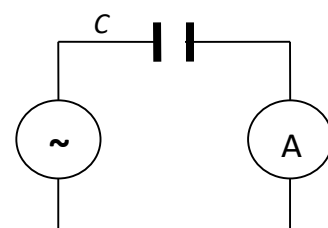


Рис. 48

5. Заряд на обкладках конденсатора колебательного контура изменяется по закону  $q = 3 \cdot 10^{-7} \cos 800\pi t$ . Индуктивность контура 2 Гн.

Пренебрегая активным сопротивлением, найти электроемкость конденсатора и максимальные значения энергии электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки индуктивности.

### Вариант 6

1. Каков период свободных колебаний в электрической цепи из конденсатора электроемкостью  $C$  и катушки индуктивностью  $L$ ?

2. Найдите максимальное значение переменного напряжения, если действующее значение  $U = 100$  В

3. Какую функцию выполняет колебательный контур радиоприемника?

4. Катушка индуктивностью  $L = 50$  мГн присоединена к генератору переменного тока с  $U_m = 44,4$  В и частотой  $\nu = 1$  кГц. Какую силу тока покажет амперметр, включенный в цепь?

Напряжение на обкладках конденсатора в колебательном контуре меняется по закону  $u = 100 \cos 10^4 \pi t$ . Электроемкость конденсатора 0,9 мкФ (рис. 49). Найти индуктивность контура и максимальное значение энергии магнитного поля катушки.

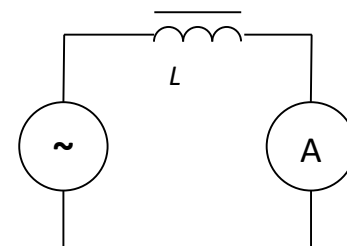


Рис. 49

#### Критерии оценивания:

Оценка 5 ставится, если учащиеся выполнили верно 5 задачи, верно записали условие задачи, перевели величины в систему СИ, записали все необходимые и



достаточные формулы для решения задачи, верно подставили численные значения, верно провели вычисления по формулам и верно записали ответ.

Оценка 4 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 4 задачи, в 5 задаче допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 3 ставится, если верно и полностью правильно решена и записана 3 задача, во 4 и 5 задачах допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 2 ставится, если в каждой из 5 задач допущены какие-либо ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

### Практическая работа №17 по теме: Трансформаторы.

Устройство трансформатора.

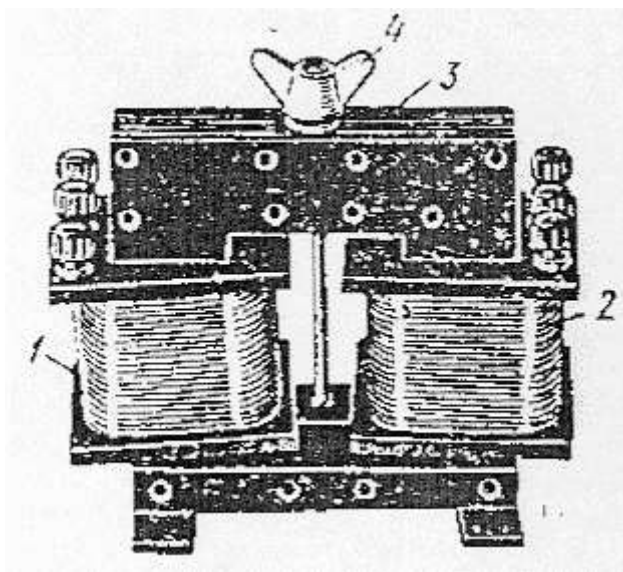


Рис. 3

Трансформатор состоит: из замкнутого сердечника, изготовленного из специальной листовой трансформаторной стали. На нем располагаются две катушки с различным числом витков из медной проволоки. Одна из обмоток, называется первичной, она подключается к источнику переменного напряжения. Устройства, потребляющие электроэнергию, подключаются к вторичной обмотке, их может быть несколько. Принцип действия трансформатора. Принцип действия основан на законе электромагнитной индукции. При прохождении переменного тока по первичной обмотке в сердечнике возникает переменный магнитный поток, который возбуждает ЭДС индукции в каждой обмотке. Магнитное поле

концентрируется внутри сердечника и одинаково во всех его сечениях. Мгновенное значение индукции  $E_i$  в любом витке и первичной, и вторичной обмоток одинаково:  $E_1 = E_2$

Потери энергии при работе трансформатора:

- на нагревание обмоток;
- на рассеивание магнитного потока в пространство;
- на вихревые токи в сердечнике и на его перемагничивание.

Меры, принимаемые для уменьшения потерь:

- обмотка низкого напряжения делается большого сечения так, как по ней протекает ток большой силы;
- сердечник делают замкнутым, чтобы уменьшить рассеяние магнитного потока;
- сердечник делают пластинчатым, чтобы уменьшить вихревые токи.

Благодаря этим мерам КПД современных трансформаторов достигает 95-99%. Это означает, что практически вся энергия тока, проходящего по первичной обмотке трансформатора, превращается в энергию индукционного тока, возникающего во вторичной обмотке. Поскольку каждый виток первичной и вторичной обмоток пронизывает один и тот же магнитный поток, то в них возникают одинаковые ЭДС, равные по закону Фарадея для электромагнитной индукции, то:

$$e_1 = e_2 = - \Phi'$$

ЭДС  $E_1$  и  $E_2$  действующие во всей первичной или вторичной обмотках, равны произведению ЭДС в одном витке  $e_1$  или  $e_2$  на число витков в обмотке  $N_1$  и  $N_2$

$$E_1 = e_1 \cdot N_1$$
$$E_2 = e_2 \cdot N_2$$

Вывод: ЭДС, действующие в обмотках, прямо пропорциональны числу витков в них.

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Сила тока в первичной обмотке трансформатора во столько раз больше силы тока во вторичной обмотке, во сколько раз напряжение в ней больше напряжения в первичной обмотке:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1}$$

Если пренебречь падением напряжения на сопротивлениях обмоток, когда сопротивления малы, то можно записать отношение и для напряжений на обмотках трансформатора

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Для анализа электромагнитных процессов, происходящих в трансформаторе, рассмотрим два режима его работы.

#### Работа трансформатора на холостом ходу

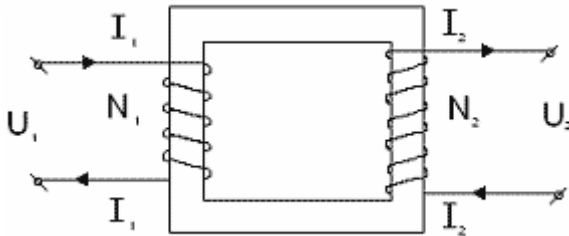


Рис. 4

Если первичную обмотку подключить к источнику переменного напряжения, а вторичную оставить разомкнутой, (этот режим трансформатора называют холостым ходом), то тока в ней не будет, а в первичной обмотке появится слабый ток, создающий в сердечнике переменный магнитный поток. Этот поток наводит в каждой витке обмоток одинаковую ЭДС, поэтому ЭДС индукции в каждой обмотке будет прямо пропорциональна числу витков в этой обмотке.

$$E \sim N$$

При разомкнутой вторичной обмотке напряжение на ее зажимах  $U_2$  будет равно наводимой в ней ЭДС  $E_2$ .

$$U_2 \approx E_2$$

В первичной обмотке ЭДС  $E_1$  по числовому значению мало отличается от подводимого к этой обмотке напряжения  $U_1$ , практически их можно считать равными.

$$U_1 \approx E_1$$

Величина, показывающая, во сколько раз данный трансформатор изменяет напряжение переменного тока, называется **коэффициентом трансформации**.

При подаче на первичную обмотку трансформатора какого-либо напряжения  $U_1$  на вторичной обмотке мы получаем на выходе  $U_2$ . Оно будет больше первичного, если обмотка содержит больше витков, чем первичная.

Итак, если  $N_2 > N_1$ , то  $U_2 > U_1$ , коэффициент трансформации  $k < 1$  и трансформатор называется **повышающим**.

Если  $N_2 < N_1$  и  $U_2 < U_1$ , то  $k > 1$  и трансформатор называется **понижающим**.

Эти формулы справедливы, если ни первичная, ни вторичная обмотки не содержат активного сопротивления  $R$ . Первичная обмотка, как правило, не содержит такого

сопротивления, а вторая обмотка может его содержать. Если она все же не содержит сопротивления или им можно пренебречь, то напряжение на выходе такой обмотки равно напряжению  $U_2$ .

Когда вторичная обмотка трансформатора не имеет сопротивления  $R_2 = 0$ , то КПД = 100%

Апол = А затр, тогда  $U_1 I_1 t = U_2 I_2 t$  и  $U_1 I_1 = U_2 I_2$ , то  $P_1 = P_2$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1} \quad \text{и} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

следует, что

$$КПД = \frac{A_2}{A_1} \cdot 100\% = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{U_2 I_2}{U_1 I_1} \cdot 100\%$$

**Работа трансформатора с нагрузкой.** Если во вторичную цепь трансформатора включить нагрузку, то во вторичной обмотке возникает ток. Этот ток создает магнитный поток, который согласно правилу Ленца, должен уменьшить изменение магнитного потока в сердечнике, что в свою очередь, приведет к уменьшению ЭДС индукции в первичной обмотке, поэтому ток в первичной обмотке должен возрасти, восстанавливая начальное изменение магнитного потока. При этом увеличивается мощность, потребляемая трансформатором от сети. (Рис.5).

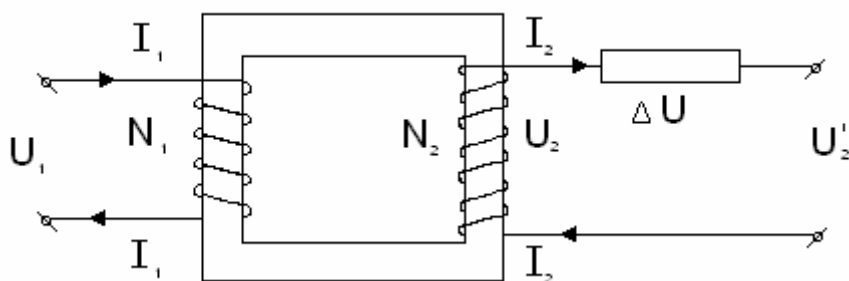


Рис. 5

Если же вторичная обмотка трансформатора имеет сопротивление вторичной обмотки  $R_2$  (говорится о длине проводников из которых изготовлена обмотка, или о материале проводника, или о сечении и диаметре проводов обмотки), то на выходе вторичной обмотки напряжение  $U_2'$  будет меньше расчетного напряжения  $U_2$  на величину падения напряжения  $\Delta U = I_2 \cdot R_2$  на этом сопротивлении из-за потерь энергии тока на джоулево тепло. На выход (на нагрузку)  $R_n$  "пойдет" меньшее напряжение:

$$U_2' = U_2 - \Delta U = U_2 - I_2 \cdot R_2$$

Потери напряжения  $\Delta U$  находят по закону Ома для участка цепи:  $\Delta U = I_2 \cdot R_2$ ,

$$I_2 = \frac{\Delta U}{R_2}$$

откуда

(отмечаем, что такой же ток течет и в нагрузке  $R_H$ , так как  $R_2$  и  $R_H$  соединены последовательно).

Напряжение на нагрузке по закону Ома для участка цепи сопротивлением  $R_H$  равно  $U_2' = I_2 \cdot R_H$ , тогда

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

Учитывая, что

напряжения или силы тока, количество витков в катушках.

$$\eta = \frac{A_2}{A_3} \cdot 100\% = \frac{U_2' I_2}{U_1 I_1} \cdot 100\%$$

, где  $A_2 = U_2' \cdot I_2 \cdot t$ ;  $A_3 = U_1 \cdot I_1 \cdot t$ ,

$$\eta = \frac{U_2' \cdot k}{U_1} \cdot 100\%$$

то

**Использование трансформаторов.** Трансформаторы используются в технике и могут быть устроены очень сложно, однако незыблемым остается принцип их действия: "изменяющееся магнитное поле, созданное переменным током в первичной обмотке, пронизывая витки вторичной обмотки, индуцирует в ней переменный ток той же частоты, но другого напряжения". В современных мощных трансформаторах суммарные потери энергии не превышают 2–3%.

- на заводах и фабриках при подаче напряжения к двигателям станков 380–660 В.
- при передаче электроэнергии по проводам от 100 до 1000В;
- для электросварки и электроплавки;
- в радиотехнике; и др.

**Задача.** Первичная обмотка понижающего трансформатора с коэффициентом трансформации  $k = 10$  включена в сеть переменного тока с напряжением  $U_1 = 120$  В. Сопротивление вторичной обмотки  $R_2 = 1,2$  Ом, ток в ней  $I_2 = 5$  А. Найти напряжение на нагрузке трансформатора и сопротивление нагрузки. Найти число витков во Вторичной обмотке, если первичная обмотка содержит 10000 витков. Чему равен КПД этого трансформатора.

**Дано:**                      **Решение:**

$k = 10$                       Зная коэффициент трансформации трансформатора  $k$ , найдем число витков во вторичной обмотке  $N_2$  “ $k$ ” показывает, во сколько раз наш  $R_2 = 1,2 \text{ Ом}$

$J_2 = 5 \text{ А}$  понижающий трансформатор уменьшает напряжение  $k = \frac{U_1}{U_2}$  то  $U_2 = \frac{U_1}{k} =$   
 $N_1 = 10 \cdot 000$   $\frac{120 \text{ В}}$

$U_2' = ?$   $\frac{10}{10} = 12 \text{ В}$

$N_2 = ?$                       Напряжение в обмотках прямо пропорционально числу витков в

$R_H = ?$                        $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$                        $\frac{N_1}{k}$

$\text{кпд} = ?$                       них  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$  откуда  $N_2 = \frac{N_1}{k}$  (витков), так как вторичная обмотка

$\Delta U = ?$                       трансформатора имеет сопротивление обмотки  $R_2$ , то на выход  $R_H$  пойдет

напряжение  $U_2' < U_2$   $U_2' = U_2 - \Delta U = U_2 - J_2 R_2$ , где  $\Delta U$  – падение напряжения из-за на  $R_2$  потерь энергии на джоулево тепло.

$$\frac{\Delta U}{R_2}$$

По закону Ома  $J_2 = \frac{\Delta U}{R_2}$ , откуда  $\Delta U = J_2 R_2 = 5 \text{ А} \cdot 1,2 \text{ Ом} = 6 \text{ В}$   $U_2' = (12 - 6) \text{ В} = 6 \text{ В}$

$R_2$  и  $R_H$  соединены последовательно, то  $J_2 = J_H$

по закону Ома для участка цепи сопротивления  $R_H$ :

$$J_2 = \frac{U_2'}{R_H} \Rightarrow R_H = \frac{U_2'}{J_2} = \frac{6 \text{ В}}{5 \text{ А}} = 1,2 \text{ (Ом)}$$

Работа тока на зажимах вторичной обмотки  $A_{\text{пол}} = U_2' \cdot J_2 \cdot t$

Работа тока в первичной обмотке  $A_3 = U_1$

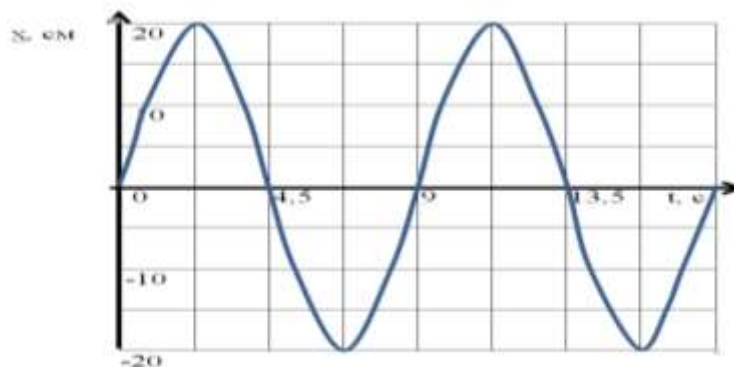
$\cdot J_1 \cdot t$ , где  $J_1 = \frac{J_2}{k} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ А}$

КПД                                      трансформатора                                      КПД

$$= \frac{A_n}{A_3} \cdot 100\% = \frac{U_2' J_2}{U_2 J_1} \cdot 100\% = \frac{6 \cdot 5}{120 \cdot 0,5} \cdot 100\% = \frac{100\%}{2} = 50\%$$

### Вариант – 1

1. По графику зависимости координаты колеблющегося тела от времени определите период и амплитуду колебаний тела. Затем вычислите частоту и циклическую частоту колебаний.



2. Как изменится период колебаний пружинного маятника, если массу тела увеличится в 9 раз?

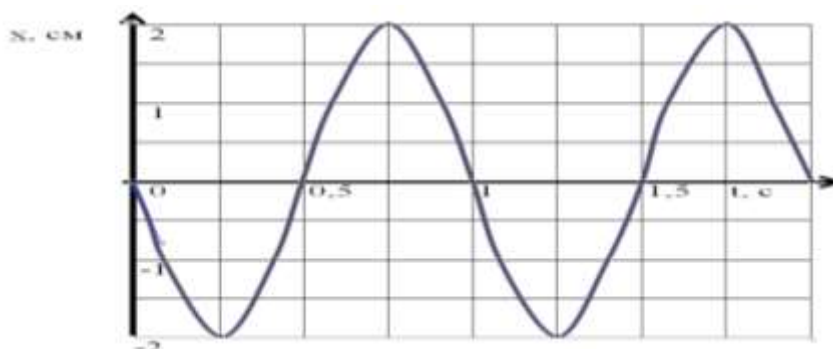
3. Ёмкость конденсатора колебательного контура равна  $10^{-9}$  Ф. Какой должна быть индуктивность катушки, чтобы период собственных колебаний в контуре был равен 4 мкс?

4. Трансформатор повышает напряжение с 7 В до 140 В. Число витков во вторичной обмотке равно 5000. Найдите число витков в первичной обмотке?

5. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 250 Гн и конденсатора ёмкостью 0,1 мкФ. Амплитуда колебаний заряда на обкладках конденсатора равна 50 мКл. Напишите уравнение зависимости  $q(t)$ ,  $i(t)$  и  $U(t)$ .

### Вариант – 2

1. По графику зависимости координаты колеблющегося тела от времени определите период и амплитуду колебаний тела. Затем вычислите частоту и циклическую частоту колебаний.



2. Как изменится период колебаний математического маятника, если его длину уменьшить в 4 раза?

3. Ёмкость конденсатора колебательного контура равна 10 пФ. Какой должна быть индуктивность катушки, чтобы период собственных колебаний в контуре был равен 1 мкс?

4. Трансформатор повышает напряжение с 200В до 10 кВ. Число витков во вторичной обмотке равно 5000. Найдите число витков в первичной обмотке?

5. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 16 Гн и конденсатора ёмкостью 1 мкФ. Амплитуда колебаний заряда на обкладках конденсатора равна 20 мКл. Напишите уравнение зависимости  $q(t)$ ,  $i(t)$  и  $U(t)$ .

#### **Критерии оценивания:**

Оценка 5 ставится, если учащиеся выполнили верно 5 задачи, верно записали условие задачи, перевели величины в систему СИ, записали все необходимые и достаточные формулы для решения задачи, верно подставили численные значения, верно провели вычисления по формулам и верно записали ответ.

Оценка 4 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 4 задачи, в 5 задаче допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 3 ставится, если верно и полностью правильно решена и записана 3 задача, во 4 и 5 задачах допущены ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 2 ставится, если в каждой из 5 задач допущены какие-либо ошибки либо в записи дано, либо при переводе единиц в систему СИ, либо в записи формул или вычислениях.

#### **Практическая работа №18 по теме: Законы отражения и преломления света**

**Цель:** уметь решать задачи на закон отражения и преломления света, связывать показатель преломления света со скоростью распространения в веществе, понимать механизм распространения света через дифракционную решетку и уметь определять длину световой волны.

#### **Порядок выполнения работы:**

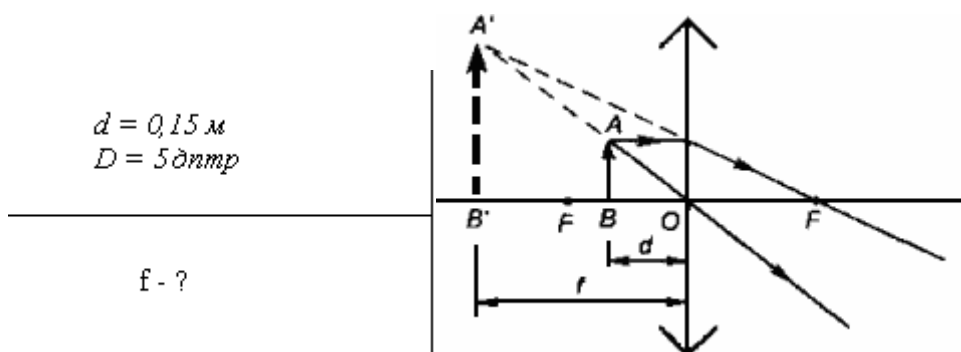
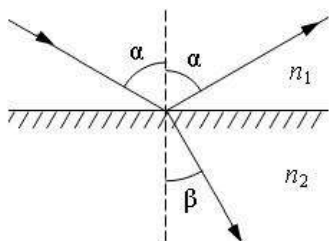
1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

#### **Теоретический материал**

#### **Закон отражения света**



Луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости; угол отражения равен углу падения.



Фокусное расстояние линзы  $F = 1/D = 1/5 = 0,2$  м больше, чем расстояние  $d$  от предмета до линзы, поэтому линза дает мнимое, увеличенное и прямое изображение действительного предмета. Из формулы тонкой линзы:

$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$$

Знак "-" перед  $f$  обусловлен тем, что изображение мнимое. Отсюда

$$f = \frac{d}{1 + Dd}$$

$$f = \frac{0,15 \text{ м}}{1 + 5 \text{ дптр} \cdot 0,15 \text{ м}} = 8,6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

**Ответ:** предмет расположен на расстоянии 8,6 см от линзы.

### Пример №2.

Изображение предмета в лупе находится на расстоянии 30 см от оптического центра лупы. На каком расстоянии (в см) находится предмет перед лупой, если ее фокусное расстояние равно 9 см?

Дано:

$$f = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}$$

$$F = 9 \text{ см} = 0,09 \text{ м}$$

Решение:

Применим формулу тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}.$$

### Пример № 3.

Свет падает перпендикулярно на дифракционную решетку. Линия какой длины волны (в нм) в спектре четвертого порядка совпадает с линией в спектре третьего порядка, имеющей длину волны 560 нм?

Дано:

$$k_1 = 4$$

$$k_2 = 3$$

$$\lambda_2 = 560 \text{ нм}$$

Решение:

Используем формулу дифракционной решетки

### Пример №4.

Луч света падает из воздуха на стеклянную пластинку с показателем преломления 1,73. Каким должен быть угол падения (в градусах), чтобы угол преломления был в два раза меньше угла падения?

Дано:

$$n = 1,73$$

Знак «минус» перед  $\frac{1}{f}$  ставим потому, что изображение предмета в лупе мнимое. Выражаем  $d$ :

$d$  - ?

$$\frac{F \cdot f}{F + f} = \frac{0,09 \cdot 0,3}{0,09 + 0,3} = 0,07 \text{ м} = 7 \text{ см}$$

Ответ: 7 см.

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

Если линии в спектрах разного порядка совпадают, это означает, что для них

$$\varphi_1 = \varphi_2 \text{ и } \sin \varphi_1 = \sin \varphi_2.$$

$\lambda_1$  - ?

Таким

образом,

$$d \sin \varphi_1 = k_1 \lambda_1, d \sin \varphi_2 = k_2 \lambda_2 \text{ и}$$

$$k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2.$$

$$\lambda_1 = \frac{k_2 \lambda_2}{k_1}.$$

$$\lambda_1 = \frac{3 \cdot 560}{4} = 420 \text{ нм}.$$

Ответ 420 нм.

Решение:

Применяем закон

преломления:  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$  и

подставляем  $\alpha = 2\beta$ .

$$n = \frac{\sin 2\beta}{\sin \beta} = \frac{2 \sin \beta \cos \beta}{\sin \beta} = 2 \cos \beta$$

$\alpha$  - ?

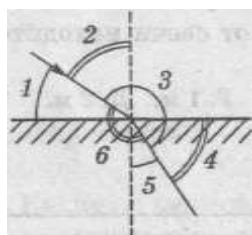
$$\cos \beta = \frac{n}{2} = \frac{1,73}{2} = 0,866$$

Получаем  $\beta = \arccos 0,866 = 30^\circ$ ,

$$\alpha = 2\beta = 2 \cdot 30^\circ = 60^\circ.$$

### Вариант 1

1. Среда, в которой скорость распространения света меньше, является оптически...  
А. Менее плотной.      Б. Более плотной.
2. В стекле луч света падает на границу между стеклом и водой. Как будет направлен преломляющийся луч? Изобразить.
3. Угол преломление будет...  
А. Всегда равен углу падения.  
Б. Всегда больше угла падения.  
В. Всегда меньше угла падения.  
Г. Больше или меньше угла падения, в зависимости от оптической плотности среды.
4. Какой цифрой на этом рисунке обозначен угол преломления?



- А. 1.
- Б. 2.
- В. 3.
- Г. 4.
- Д. 5.
- Е. 6.

5. Какие из перечисленных источников света являются естественными:

1) жучок-светлячок, 2) звезда, 3) экран дисплея компьютера?

А. 1, 2, 3.      Б. 1.      В. 2.      Г. 3.      Д. 1, 2,      Е. 1, 3.      Ж. 2, 3.

6. Свет в однородной прозрачной среде распространяется...

- А. Только в одном направлении.
- Б. Во все стороны по любым линиям.
- В. Во все стороны по ломаным линиям.

Г. Во все стороны прямолинейно.

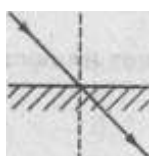
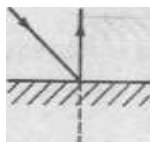
7. Определите по рисунку, какая точка лежит на границе области света и тени.

А. 1.

Б. 2.

В. 3.

8. Какой из рисунков иллюстрирует закон отражения света?



А. 1.

Б. 2.

В. 3.

Г. 4.

Д. 5.

9. Луч света падает на зеркальную поверхность и отражается. Угол отражения равен  $40^\circ$ .

Каков угол падения?

А.  $140^\circ$ .

Б.  $90^\circ$ .

В.  $40^\circ$ .

Г.  $130^\circ$ .

Д.  $50^\circ$ .

Е.  $20^\circ$ .

### Вариант 2

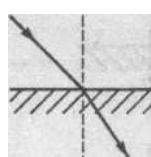
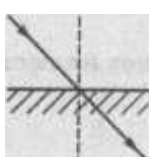
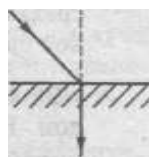
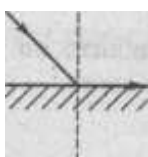
1. Скорость распространения света...

А. Больше в оптически менее плотной среде.

Б. Во всех средах одинакова.

В. Меньше в оптически менее плотной среде.

2. Из стекла луч света падает на границу между стеклом и водой. Какой из рисунков правильно изображает ход лучей?



А. 1.

Б. 2.

В. 3.

Г. 4.

Д. 5.

3. Угол преломления будет...

А. Больше или меньше угла падения, в зависимости от оптической плотности среды.

Б. Всегда больше угла падения.

В. Всегда меньше угла падения.

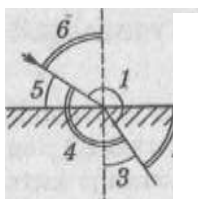
Г. Всегда равен углу падения.

4. Какой цифрой на этом рисунке обозначен угол преломления?

А. 1.

Б. 2.

В. 3.



Г. 4.

Д. 5.

Е. 6.

5. Какие из перечисленных источников света являются естественными:

1) жучок-светлячок, 2) звезда, 3) экран дисплея компьютера?

А. 1, 2, 3.    Б. 1.    В. 2.    Г. 3.    Д. 1, 2,    Е. 1, 3.    Ж. 2, 3.

6. Свет в однородной прозрачной среде распространяется...

А. Только в одном направлении.

Б. Во все стороны по любым линиям.

В. Во все стороны по ломаным линиям.

Г. Во все стороны прямолинейно.

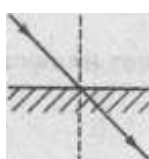
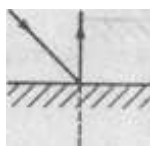
7. Определите по рисунку, какая точка лежит на границе области света и тени.

А. 1.

Б. 2.

В. 3.

8. Какой из рисунков иллюстрирует закон отражения света?



А. 1.    Б. 2.    В. 3.    Г. 4.    Д. 5.

9. Луч света падает на зеркальную поверхность и отражается. Угол отражения равен  $40^\circ$ .

Каков угол падения?

А.  $140^\circ$ .    Б.  $90^\circ$ .    В.  $40^\circ$ .    Г.  $130^\circ$ .    Д.  $50^\circ$ .    Е.  $20^\circ$ .

### Вариант 3

1. Даны три прозрачных среды: стекло, воздух и вода. Сравните скорости распространения света в этих средах.

А. Во всех средах скорость одинакова.

Б. В стекле скорость самая большая.

В. В воздухе скорость самая большая.

Г. В воде скорость самая большая.

2. В воде луч света падает на границу между водой и стеклом. Как будет направлен преломляющийся луч? Изобразить.

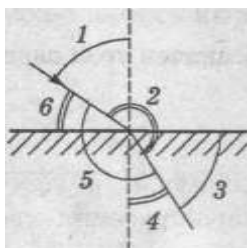
3. Луч света, направленный перпендикулярно границе раздела двух сред ...

А. Преломляется под углом  $90^\circ$ .

Б. Преломляется под углом  $45^\circ$ .

В. Проходит, не преломляясь.

4. Какой цифрой на этом рисунке обозначен угол преломления?



А. 1.

Б. 2.

В. 3.

Г. 4.

Д. 5.

Е. 6.

5. Какие из перечисленных источников света являются искусственными:

1) полярное сияние, 2) электрическая лампа накаливания, 3) костер?

А. 1, 2, 3.    Б. 1.    В. 2.    Г. 3.    Д. 1, 2.    Е. 1, 3.    Ж. 2, 3.

6. Полутень на экране получают, когда...

А. Размер источника света много меньше расстояния от источника до экрана.

Б. Размер источника света сравним с расстоянием от источника до экрана.

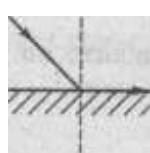
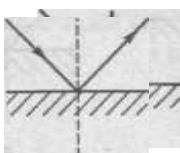
7. Определите по рисунку, какая точка лежит в области тени.

А. 1.

Б. 2.

В. 3.

8. Какой из рисунков иллюстрирует закон отражения света?



А. 1.

Б. 2.

В. 3.

Г. 4.

Д. 5.

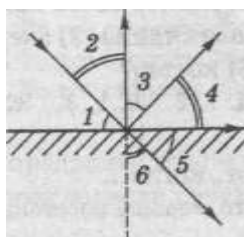
9. Какие углы на рисунке изображают угол падения и угол отражения?

А. 1 — угол падения, 2 — угол отражения.

Б. 1 — угол падения, 3 — угол отражения.

В. 1 — угол падения, 4 — угол отражения.

Г. 1 — угол падения, 5 — угол отражения.



Д. 1 — угол падения, 6 — угол отражения.

Е. 2 — угол падения, 3 — угол отражения.

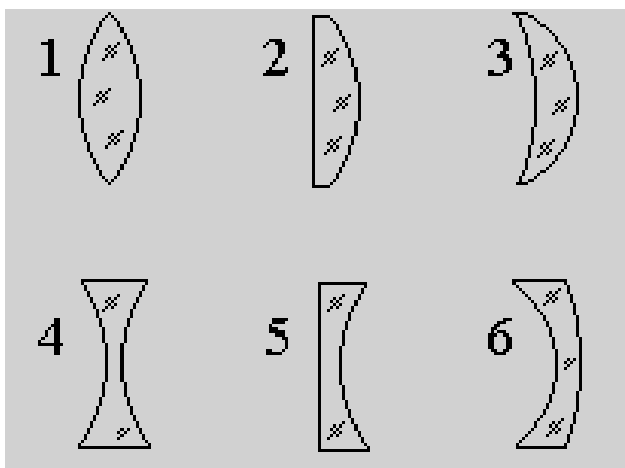
Ж. 2 — угол падения, 4 — угол отражения.

З. 2 — угол падения, 5 — угол отражения.

И. 2 — угол падения, 6 — угол отражения.

## Практическая работа №19 по теме: Изображения даваемое линзой

Линза - оптически прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями.



Различают два вида линз.

Выпуклые и Вогнутые.

Двояковыпуклые (1)

Плосковыпуклые (2)

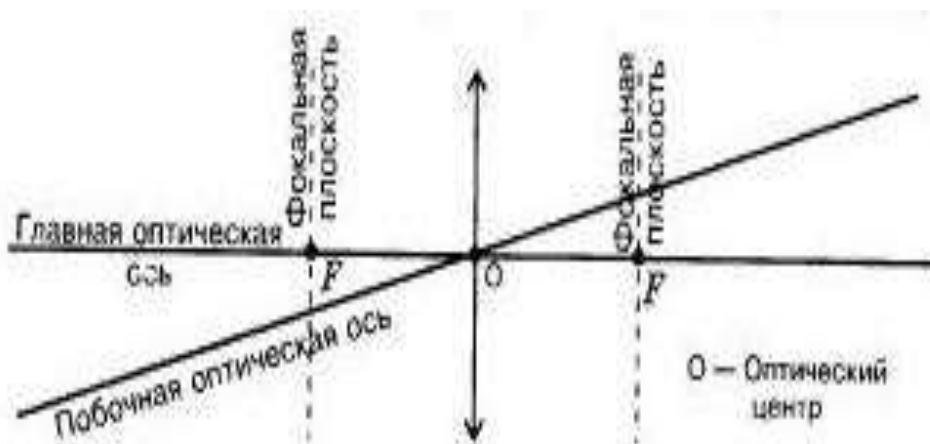
Вогнуто-выпуклые (3)

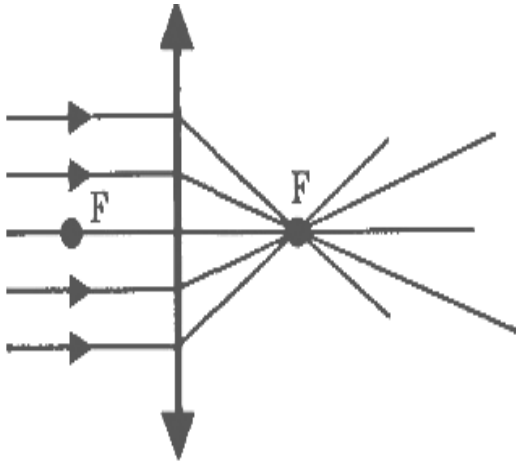
Двояковогнутые (4)

Плосковогнутые (5)

Выпукло-вогнутые (6)

Обозначения в линзе.

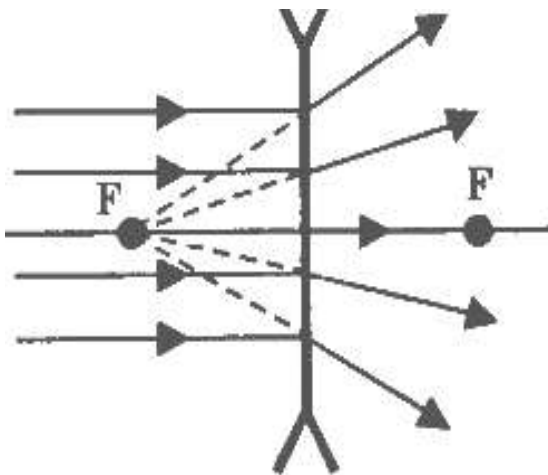




Если на линзу направить пучок параллельных лучей, то после преломления лучи пересекут оптическую ось в одной точке. Эта точка называется фокусом линзы. У каждой линзы два фокуса- по одному с каждой стороны.

Расстояние от линзы до ее фокуса называют фокусным расстоянием и обозначают буквой  $F$ .

Выпуклая линза собирает лучи, идущие от источника, поэтому выпуклая линза называется собирающей.



Пусть параллельный пучок лучей на вогнутую линзу и увидим, что лучи выдут из линзы расходящимся пучком. Если такой пучок лучей попадет в глаза, то наблюдателю будет казаться, что они вышли из точки  $F$ . Эта точка называется – мнимым фокусом.

Такую линзу называют рассеивающей.

Оптическая сила линзы.

- это величина, обратная ее фокусному расстоянию.

Рассчитывается по формуле:

$$D=1/F.$$

За единицу оптической силы принята *диоптрия* (дптр).

1 диоптрия – это оптическая сила линзы, фокусное расстояние которой равно 1 м.

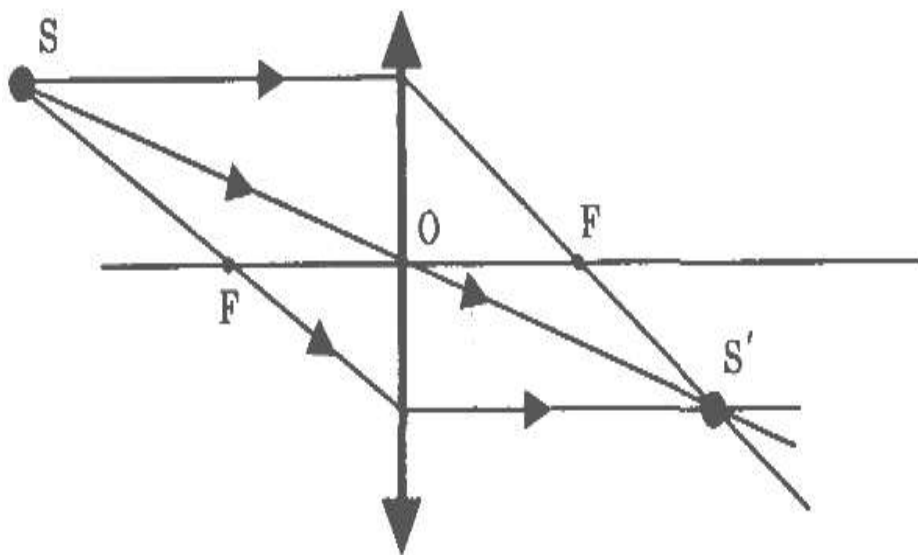


Построение изображения в линзе:

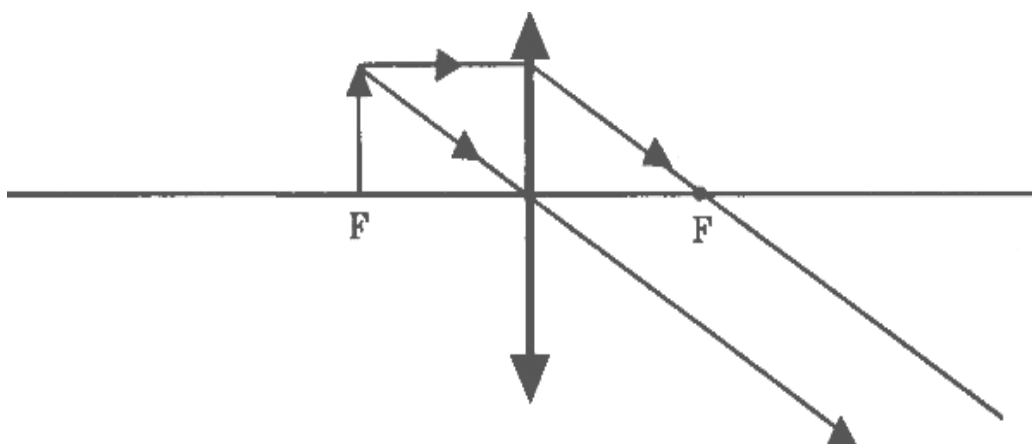
Луч, падающий на линзу параллельно оптической оси, после преломления идет через фокус линзы.

- Луч, проходящий через оптический центр линзы не преломляется.

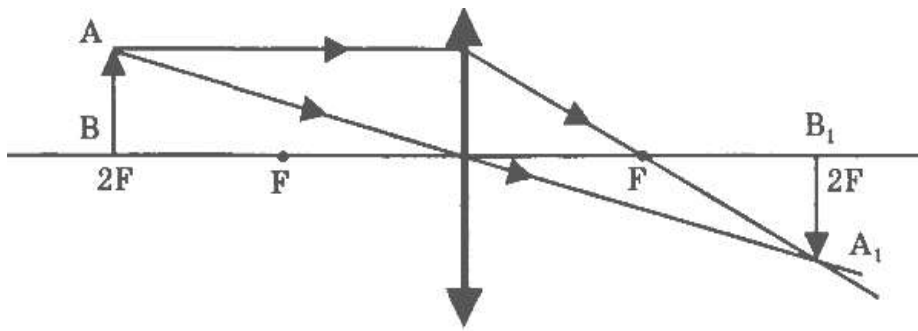
- Луч, проходя через фокус линзы после преломления идет параллельно оптической оси.



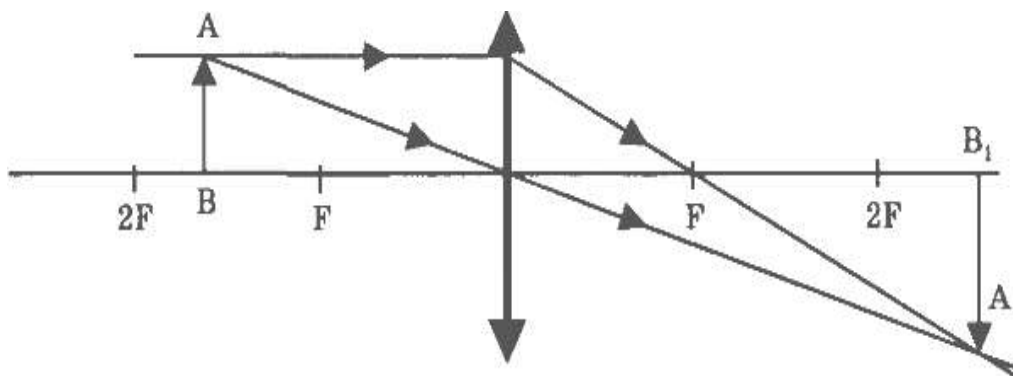
Если предмет находится в фокусе, то изображения нет.



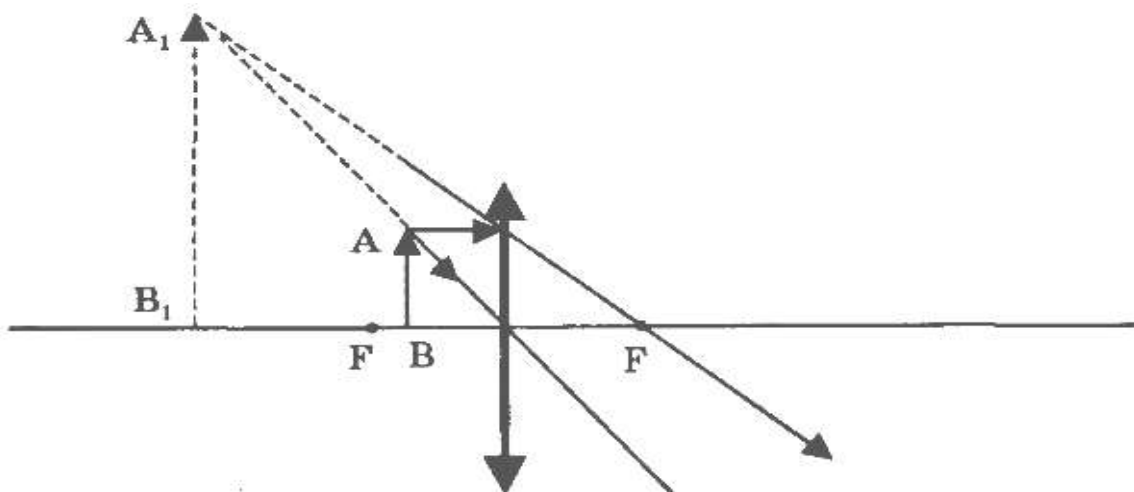
Если предмет находится в двойном фокусе, то изображение получится действительное, равное, перевернутое.



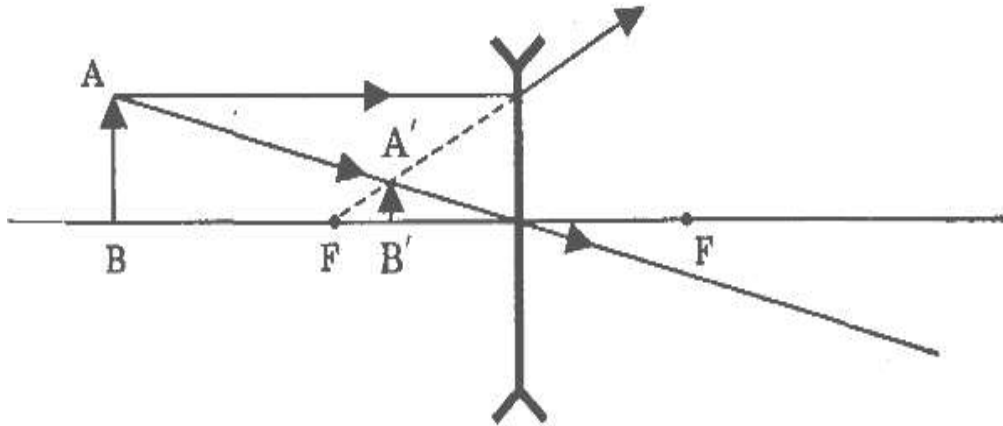
Если предмет находится между фокусом и двойным фокусом, то изображение действительное, перевернутое, увеличенное.



Если предмет находится между фокусом и оптическим центром, то изображение мнимое, прямое, увеличенное.



Построение в рассеивающей линзе:



Рассеивающая линза дает *уменьшенное, мнимое, прямое* изображение, которое находится по ту же сторону от линзы, что и предмет. Оно не зависит от положения предмета относительно линзы.

1 вариант.

1. Оптическая сила линзы  $D=4$  дптр. Чему равно фокусное расстояние этой линзы? Какая это линза?

2. На плоское зеркало падает луч света под углом 25 градусов. Под каким углом будет идти отраженный луч, если зеркало повернуть на 10 градусов?

3. Построить изображение предмета в собирающей линзе и указать его особенности, если предмет находится между фокусом и двойным фокусом линзы.

2 вариант.

1. Определите фокусное расстояние линзы, имеющей оптическую силу  $D=-2$  дптр. Какая это линза?

2. Угол падения луча на плоское зеркало увеличили от 30 до 45 градусов. Как изменится угол между падающим и отраженным лучами?

3. Построить изображение предмета в собирающей линзе и указать его особенности, если предмет находится за двойным фокусом линзы.

**Ключи:**

1 вариант: 1. 25 см, собирающая. 2. 15 или 35 градусов. 3. см. построение изображений в линзах

2.вариант: 1. 50 см, рассеивающая. 2.увеличится на 30 градусов. 3 .см. построение изображений в линзах

### Критерии оценивания:

Оценка 5 ставится, если учащиеся выполнили верно 3 задачи, верно выполнили чертеж, указали на чертеже углы падения и отражения, записали все необходимые и достаточные формулы для решения задачи, верно подставили численные значения, верно провели вычисления по формулам и верно записали ответ.

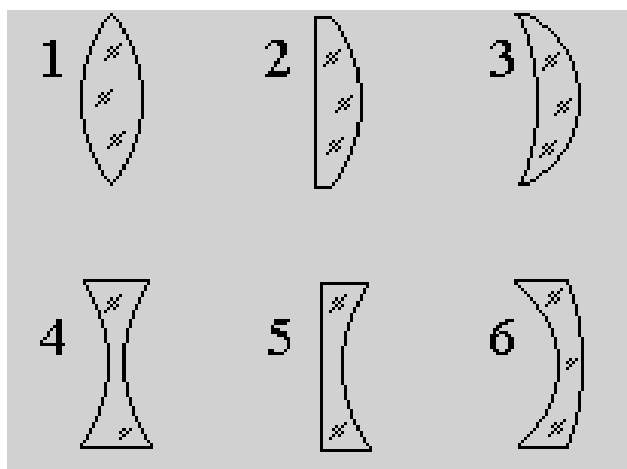
Оценка 4 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 2 задачи, в 3 задаче допущены ошибки либо в записи дано, либо при построении, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 3 ставится, если верно и полностью правильно решена и записана 1 задача, во 2 и 3 задачах допущены ошибки либо в записи дано, либо в построении, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 2 ставится, если в каждой из 3 задач допущены какие-либо ошибки либо в записи дано, либо в построении, либо в записи формул или вычислениях.

### Практическая работа №20 по теме: Линзы

Линза - оптически прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями.



Плосковогнутые (5)

Выпукло-вогнутые (6)

Различают два вида линз.

Выпуклые и Вогнутые.

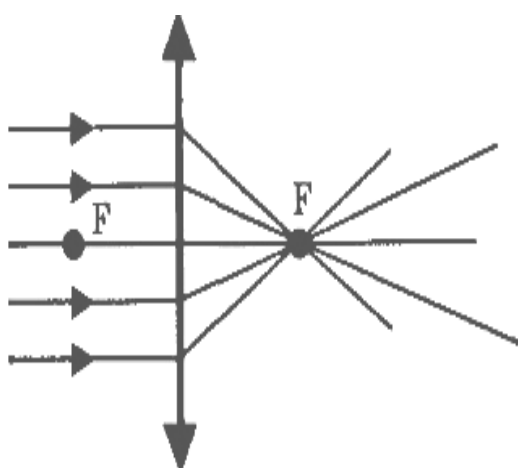
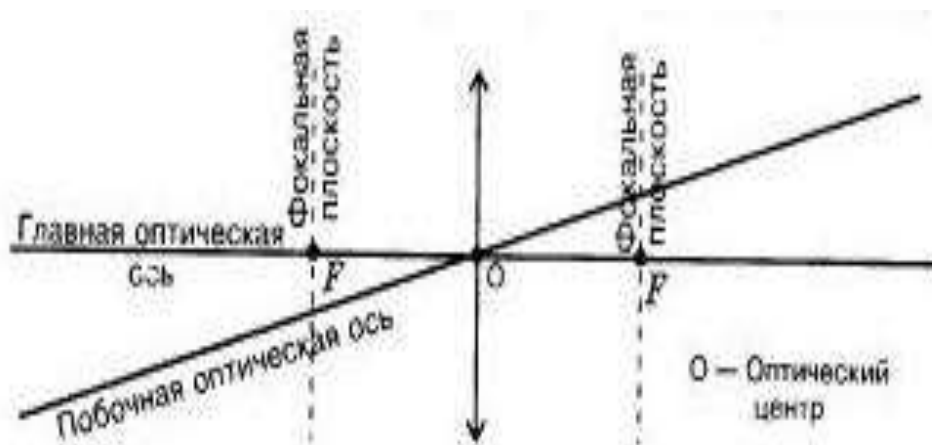
Двояковыпуклые (1)

Плосковыпуклые (2)

Вогнуто-выпуклые (3)

Двояковогнутые (4)

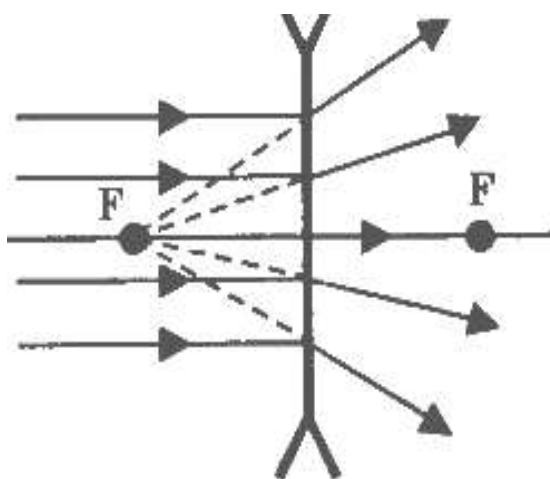
Обозначения в линзе.



Если на линзу направить пучок параллельных лучей, то после преломления лучи пересекут оптическую ось в одной точке. Эта точка называется фокусом линзы. У каждой линзы два фокуса - по одному с каждой стороны.

Расстояние от линзы до ее фокуса называют фокусным расстоянием и обозначают буквой  $F$ .

Выпуклая линза собирает лучи, идущие от источника, поэтому выпуклая линза называется собирающей.



Пусть параллельный пучок лучей на вогнутую линзу и увидим, что лучи выдут из линзы расходящимся пучком. Если такой пучок лучей попадет в глаза, то наблюдателю будет казаться, что они вышли из точки  $F$ . Эта точка называется - мнимым фокусом.

Такую линзу называют рассеивающей.

Оптическая сила линзы.

- это величина, обратная ее фокусному расстоянию.

Рассчитывается по формуле:

$$D=1/F.$$

За единицу оптической силы принята *диоптрия* (дптр).

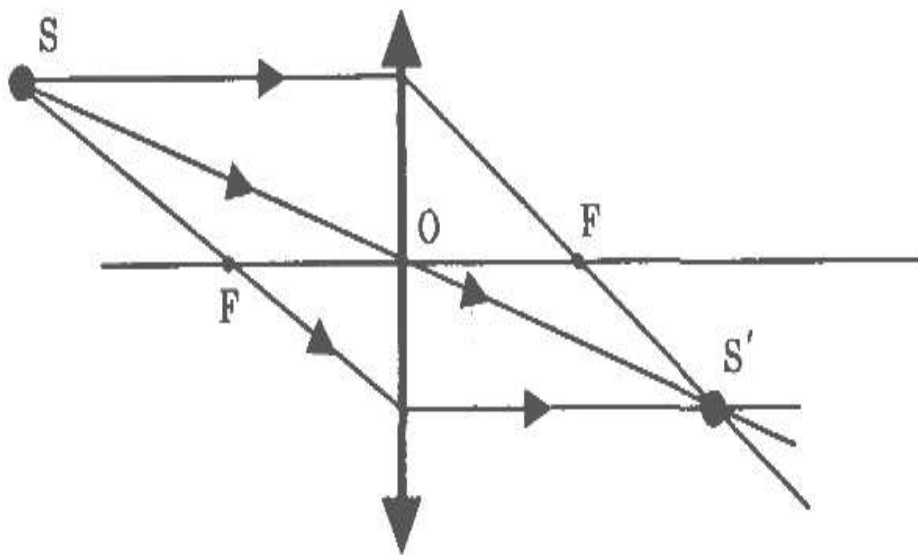
1 диоптрия – это оптическая сила линзы, фокусное расстояние которой равно 1 м.

Построение изображения в линзе:

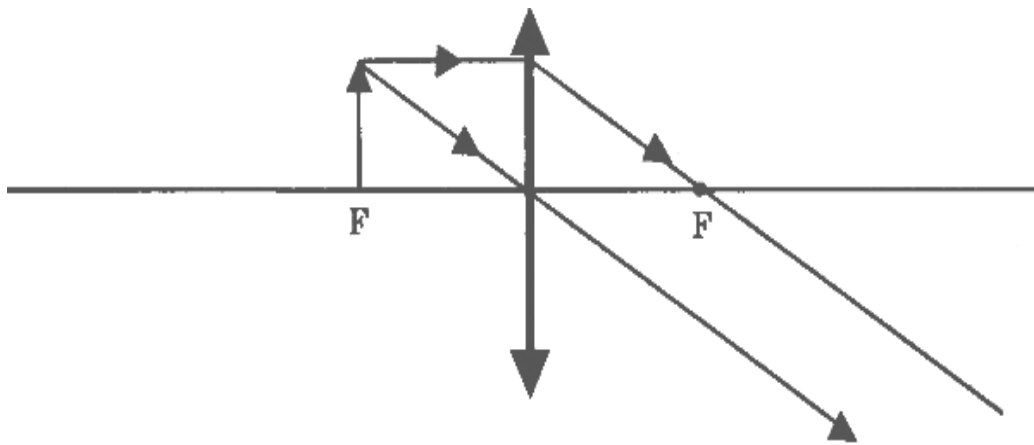
Луч, падающий на линзу параллельно оптической оси, после преломления идет через фокус линзы.

- Луч, проходящий через оптический центр линзы не преломляется.

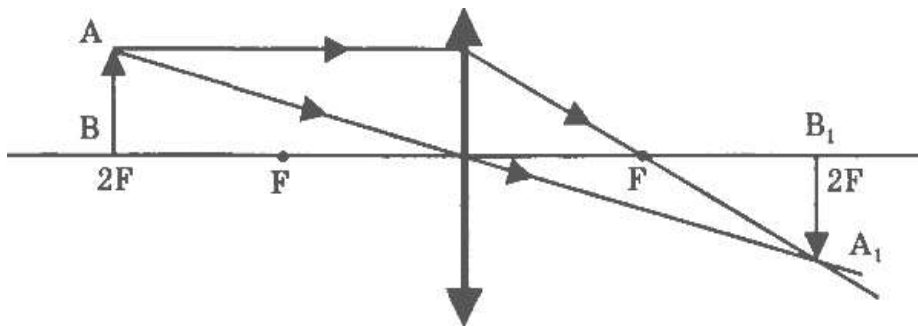
- Луч, проходя через фокус линзы после преломления идет параллельно оптической оси.



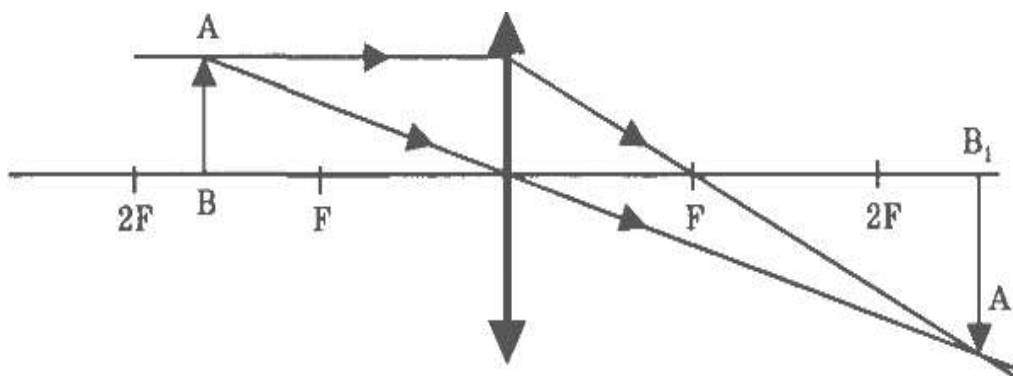
Если предмет находится в фокусе, то изображения нет.



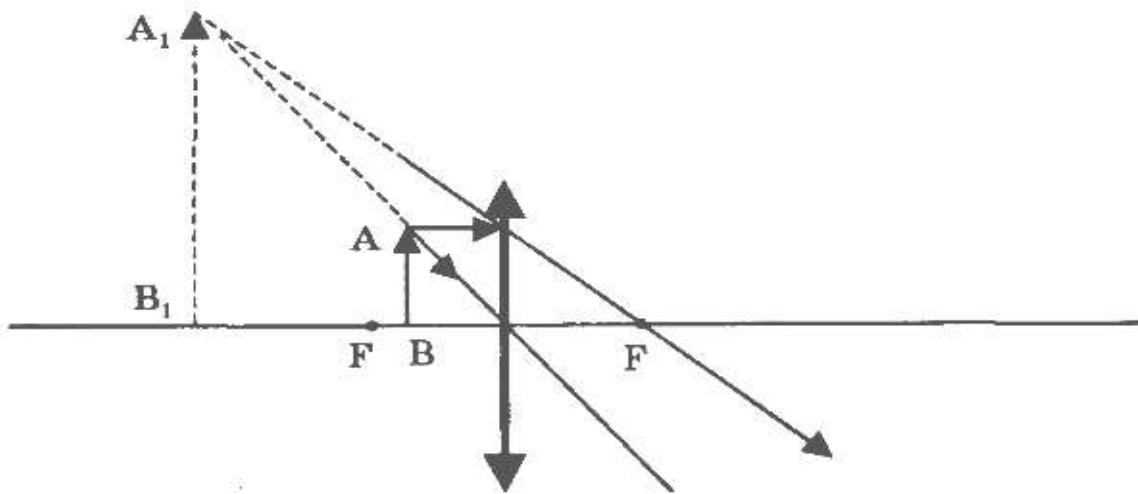
Если предмет находится в двойном фокусе, то изображение получится действительное, равное, перевернутое.



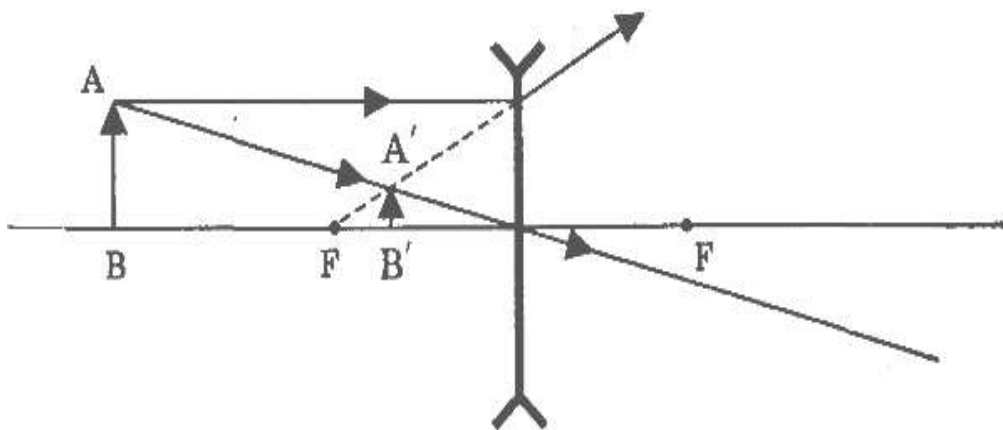
Если предмет находится между фокусом и двойным фокусом, то изображение действительное, перевернутое, увеличенное.



Если предмет находится между фокусом и оптическим центром, то изображение мнимое, прямое, увеличенное.



Построение в рассеивающей линзе:



Рассеивающая линза дает *уменьшенное, мнимое, прямое* изображение, которое находится по ту же сторону от линзы, что и предмет. Оно не зависит от положения предмета относительно линзы.

### Вариант 1.

1. Луч света падает на плоскопараллельную стеклянную пластинку под углом 60 градусов. Какова толщина пластинки, если при выходе из нее луч сместился на 20 мм?

2. Какое увеличение можно получить при помощи проекционного фонаря, объектив которого имеет главное фокусное расстояние 40 см, если расстояние от объектива до экрана равно 10 м?



3. Разность хода лучей двух когерентных источников света с длиной волны 600 нм, сходящихся в некоторой точке, равна 1,5 мкм. Усиление или ослабление будет наблюдаться в этой точке?

### **Вариант 1.**

1. На плоскопараллельную пластинку толщиной 10 см падает луч света под углом 40 градусов. Проходя через пластинку, он смещается на 3 см. Определите показатель преломления вещества пластинки.

2. Определите главное фокусное расстояние рассеивающей линзы, если известно, что изображение предмета, помещенного перед ней на расстоянии 50 см, получилось уменьшенным в 5 раз.

3. В некоторую точку пространства приходят когерентные лучи, длина волны которых в вакууме равна 700 нм. Разность хода лучей равна 3,5 мкм. Определите, усиление или ослабление лучей будет наблюдаться в этой точке.

#### **Ответы:**

1 вариант: 1.39 мм. 2. 24. 3. ослабление. 2 вариант: 1.1,6. 2. 12,5 см. 3. усиление.

#### **Критерии оценивания:**

Оценка 5 ставится, если учащиеся выполнили верно 3 задачи, верно записали условие задачи, верно выполнили чертеж, записали все необходимые и достаточные формулы для решения задачи, верно подставили численные значения, верно провели вычисления по формулам и верно записали ответ.

Оценка 4 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 2 задачи, в 3 задаче допущены ошибки либо в записи дано, либо при выполнении чертежа, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 3 ставится, если верно и полностью правильно решена и записана 1 задача, во 2 и 3 задачах допущены ошибки либо в записи дано, либо при выполнении чертежа, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 2 ставится, если в каждой из 3 задач допущены какие-либо ошибки либо в записи дано, либо при выполнении чертежа, либо в записи формул или вычислениях.

## Практическая работа №21 по теме: Законы отражения и преломления света

### Законы отражения света.

*Первый закон отражения:* лучи, падающий и отражённый, лежат в одной плоскости с перпендикуляром к отражающей поверхности, восстановленным в точке падения луча.

*Второй закон отражения:* угол падения равен углу отражения (см. рис. 8).  
 $\alpha$  — угол падения,  $\beta$  — угол отражения.

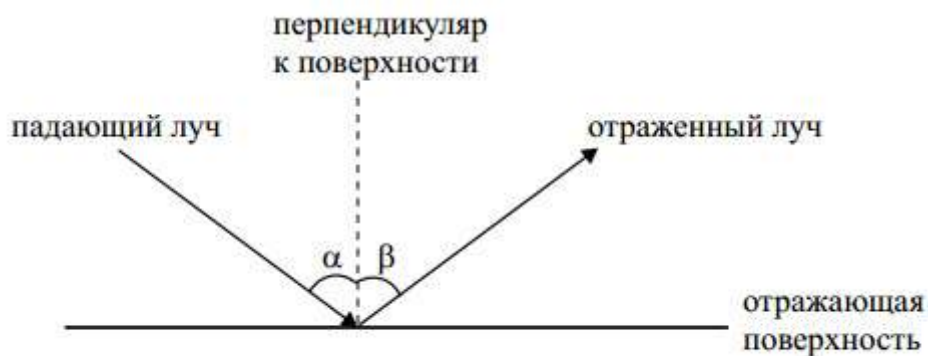


Рис. 8.

### Законы преломления света. Показатель преломления.

*Первый закон преломления:* падающий луч, преломлённый луч и перпендикуляр, восстановленный в точке падения к границе раздела, лежат в одной плоскости (см. рис. 9).

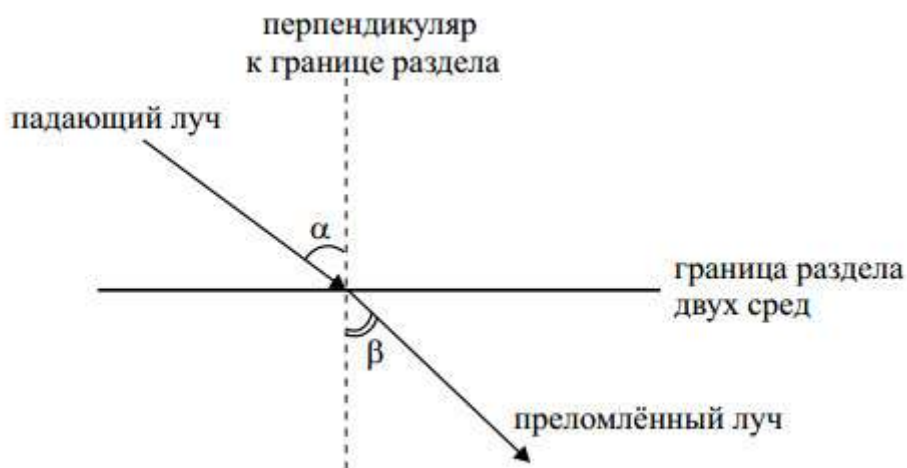


Рис. 9.

*Второй закон преломления:*

отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для двух данных сред и называемая относительным показателем преломления второй среды

относительно первой.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n.$$

Относительный показатель преломления показывает, во сколько раз скорость света в первой среде отличается от скорости света во второй среде:

$$n = \frac{v_1}{v_2}.$$

*Полное отражение.*

Если свет переходит из оптически более плотной среды в оптически менее плотную, то при выполнении условия  $\alpha > \alpha_0$ , где  $\alpha_0$  — предельный угол полного отражения, свет вообще не выйдет во вторую среду. Он полностью отразится от границы раздела и останется в первой среде. При этом закон отражения света даёт следующее соотношение:

$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}.$$

### Вариант 1

1. Покажите на чертеже углы падения и отражения света. Сформулируйте закон отражения света.
2. Луч света падает на плоское зеркало под углом  $40^\circ$  к его поверхности. Чему равен угол отражения?
3. Луч света падает на плоское зеркало. Во сколько раз угол между падающим лучом и отраженным больше угла падения?
4. Угол падения на зеркальную поверхность  $15^\circ$ . Чему равен угол между падающим лучом и поверхностью?
5. Как изменится угол между падающим на зеркальную поверхность и отраженным лучами при уменьшении угла падения на  $5^\circ$ ?
6. Почему в темной комнате видны только те предметы, на которые в данный момент направлен свет фонарика?
7. Луч света падает на зеркало под углом  $35^\circ$  к его поверхности. Чему равен угол между падающим и отраженным лучами? Чему равен угол отражения? Сделайте чертеж.
8. Лучи от Солнца образуют с горизонтом угол  $24^\circ$ . Как, используя зеркало, направить их параллельно линии горизонта?
9. Является ли отражение света от киноэкрана зеркальным или рассеянным?

10. Как надо расположить плоское зеркало, чтобы изменить направление солнечного луча на горизонтальное, если луч, проходя сквозь малое отверстие в ставне, образует с горизонтальной поверхностью стола угол  $50^\circ$ ?

### Вариант 2

1. Покажите на чертеже углы падения и отражения света. Сформулируйте закон отражения света.
2. Угол отражения светового луча составил  $45^\circ$ , чему был равен угол его падения?
3. Высота Солнца над горизонтом равна  $36^\circ$ . Найти угол отражения солнечных лучей от вертикальных оконных стекол.
4. Луч света падает на плоское зеркало под углом  $30^\circ$  к его поверхности. Каков угол между падающим лучом и отраженным?
5. Луч света падает на пластинку под углом  $18^\circ$  к перпендикуляру. Найти в градусах угол между мысленным продолжением падающего луча и отраженным лучом.
6. Почему в темной комнате видны только те предметы, на которые в данный момент направлен свет фонарика?
7. Луч света падает на зеркало под углом  $35^\circ$  к его поверхности. Чему равен угол между падающим и отраженным лучами? Чему равен угол отражения?
8. Пучок параллельных лучей идет из проекционного аппарата в горизонтальном направлении. Как надо расположить плоское зеркало, чтобы после отражения пучок шел вертикально? Сделайте чертеж и объясните ответ.
9. Почему, находясь в комнате, трудно увидеть днем свое отражение в оконном стекле?
10. Требуется осветить дно колодца, направив на него солнечные лучи. Как надо расположить плоское зеркало, если лучи Солнца падают к земной поверхности под углом  $60^\circ$ ?

### Вариант 3

1. Покажите на чертеже углы падения и отражения света. Сформулируйте закон отражения света.
2. Чему равен угол падения луча на плоское зеркало, если угол отражения равен  $40^\circ$ ?
3. Угол падения луча на отражающую поверхность  $80^\circ$ . Покажите этот угол на чертеже; изобразите на нем отраженный луч.

4. Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отраженным лучами равен  $90^\circ$ . Чему равен угол падения?
5. Угол падения луча на плоское зеркало увеличили от  $30^\circ$  до  $45^\circ$ . Как изменится угол между падающим и отраженным лучом?
6. Почему окна домов днем всегда кажутся более темными, чем стены дома, даже если стены окрашены в темный цвет?
7. Луч света падает на зеркало перпендикулярно. На какой угол отклонится отраженный луч от падающего, если зеркало повернуть на угол  $16^\circ$ ?
8. Почему в свете фар автомобиля лужа на асфальте кажется водителю темным пятном?
9. Угол между падающим и отраженными лучами  $40^\circ$ . Каким будет угол отражения, если угол падения увеличится на  $10^\circ$ ?
10. Солнечные лучи составляют с поверхностью Земли угол  $40^\circ$ . Под каким углом к горизонту следует расположить плоское зеркало, чтобы изменить направление луча внутри узкой трубы, врытой вертикально в песок?

#### Вариант 4

1. Покажите на чертеже углы падения и отражения света. Сформулируйте закон отражения света.
2. Луч света падает на плоское зеркало под углом  $30^\circ$  от перпендикуляра к его поверхности. Чему равен угол отражения?
3. Угол между падающим лучом и плоским зеркалом равен углу между падающим лучом и отраженным. Каков угол падения?
4. Чему равен угол падения луча на плоское зеркало, если угол между падающим лучом и отраженным равен  $60^\circ$ ?
5. Угол между падающим и отраженными лучами  $20^\circ$ . Каким будет угол отражения, если угол падения увеличится на  $5^\circ$ ?
6. Отраженный от гладкой поверхности предмета пучок света всегда менее ярк, чем падающий. Почему?
7. Угол между падающим и отраженным лучами составляет  $50^\circ$ . Под каким углом к зеркалу падает свет?
8. Справедлив ли закон отражения света в случае падения света на лист белой бумаги?
9.  $2/3$  угла между падающим и отраженным лучами составляет  $80^\circ$ . Чему равен угол падения луча?

10. На стене вертикально висит зеркало так, что его верхний край находится на уровне верхней части головы человека. Длина зеркала 80 см. Выше какого роста человек не сможет увидеть себя во весь рост?

#### **Критерии оценивания:**

Оценка 5 ставится, если учащиеся выполнили верно 9-10 задач, верно записали условие задачи, верно выполнили чертеж, записали все необходимые и достаточные формулы для решения задачи, верно подставили численные значения, верно провели вычисления по формулам и верно записали ответ.

Оценка 4 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 7-8 задач, в 9 задаче допущены ошибки либо в записи дано, либо при выполнении чертежа, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 3 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 5-6 задач, в остальных задачах допущены ошибки либо в записи дано, либо при выполнении чертежа, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 2 ставится, если в каждой из 10 задач допущены какие-либо ошибки либо в записи дано, либо при выполнении чертежа, либо в записи формул или вычислениях.

### **Практическая работа №22 по теме: Волновая оптика**

#### **Волновая оптика**

Световые волны рассматриваются по своей природе как электромагнитные волны, обладающие всеми их свойствами.

**Волновая оптика** – раздел оптики, объясняющий оптические явления на основе волновой природы света.

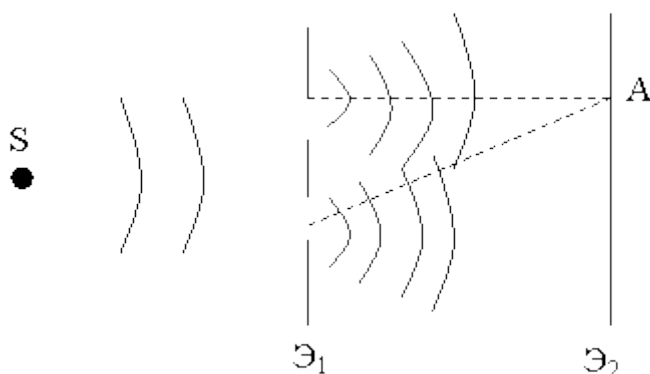
Волновая оптика описывает такие оптические явления, как интерференция, дифракция, поляризация, дисперсия.

#### **Интерференция света**

Электромагнитные волны, как и механические волны, обладают **принципом суперпозиции**, то есть, если в среде одновременно распространяются несколько волн, то они распространяются независимо друг от друга. Однако, в тех местах, где одни колебания накладываются на другие колебания, их амплитуды векторно складываются. При этом может наблюдаться как увеличение интенсивности света (когда накладываются волны с одинаковыми фазами), так и ослабление интенсивности (при сложении волн с противоположными фазами). Это явление получило название **интерференции света**.

**Интерференция света** – это сложение двух и более волн, вследствие которого наблюдается устойчивая картина усиления и ослабления световых колебаний в разных точках пространства.

Интерферировать могут лишь **когерентные** волны, т.е. волны имеющие одинаковую частоту и постоянную во времени разность фаз. Когерентные источники в природе отсутствуют, но они могут быть получены разными способами. Один из них показан на рисунке. Здесь показано, как с помощью экрана Э<sub>1</sub> с двумя узкими щелями получают из одного источника света S два когерентных. Интерференционную картину в виде чередующихся светлых и темных полос наблюдают на экране Э<sub>2</sub>.



Условие интерференционного максимума:

$$\Delta = k\lambda.$$

Условие интерференционного минимума:

$$\Delta = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2},$$

где  $\Delta$  – геометрическая разность хода волн,

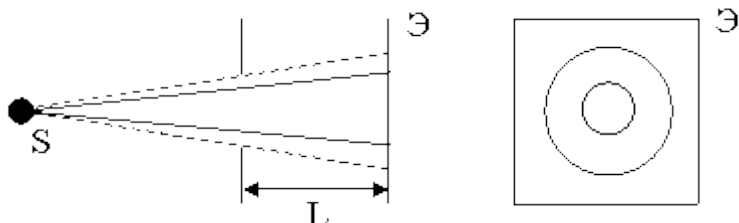
$k$  – порядок интерференционного max или min.

Интерференционные картины можно наблюдать на тонких масляных пленках на поверхности воды, мыльных пузырях, крыльях стрекоз, цвета побежалости на поверхности металла после нагрева. Явление интерференции в тонких пленках находит применение для определения длин волн излучения источников света, для контроля качества обработки полированной поверхности, определения коэффициента расширения тел при нагревании и т.д. Существуют специальные приборы – **интерферометры**, предназначенные для измерения длин тел, показателей преломления с большой точностью.

### Дифракция света

**Дифракция** – это способность волн огибать встречающиеся на их пути препятствия, отклоняться от прямолинейного распространения. Чтобы наблюдать дифракцию световых волн, необходимы определённые условия: либо размеры препятствий (или отверстий)

должны быть очень малыми, либо расстояние от препятствия до наблюдаемой картины должно быть велико. Возьмем на пути лучей от точечного источника света  $S$  поставим преграду с очень маленьким отверстием диаметра  $d$ , тогда на экране  $\mathcal{E}$  увидим систему чередующихся светлых и темных колец (при условии, что  $d \ll L$ , см. рис.)

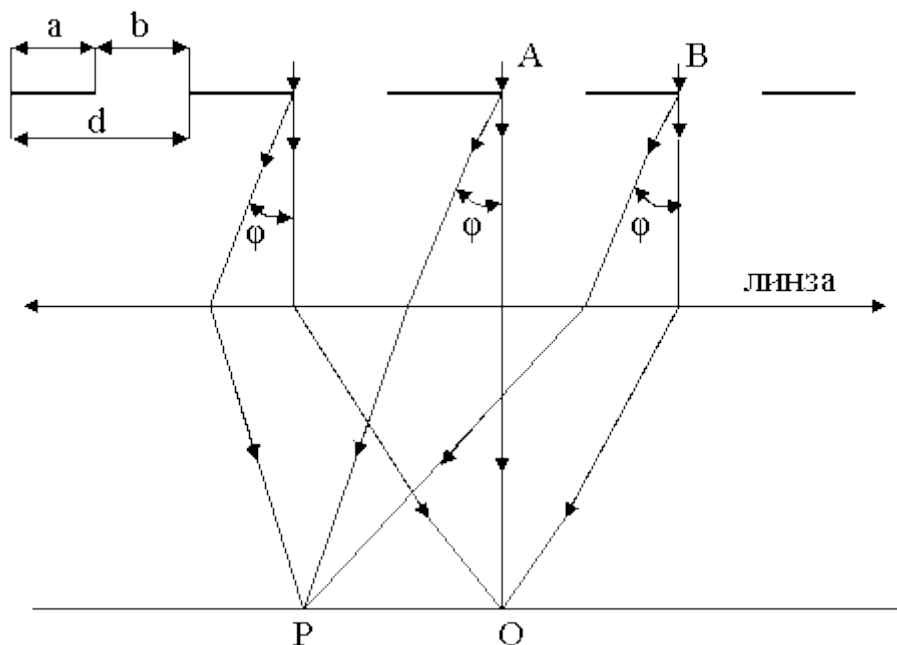


Чем уже отверстие, тем на больший угол отклоняются лучи за отверстием, тем больше диаметр колец. Если вместо круглого отверстия будет узкая щель, то дифракционная картина будет иметь вид чередующихся светлых и темных полос. При использовании белого света дифракционная картина приобретает радужную окраску.

Дифракционные картины нередко наблюдаются в естественных условиях. Например, цветные кольца, окружающие источник света, наблюдаемый сквозь туман или через запотевшее оконное стекло, или при рассматривании яркого источника через ресницы. Для наблюдения дифракции используются специальные приборы – **дифракционные решетки**.

**Дифракционная решетка** (одномерная) представляет собой систему параллельных равноотстоящих друг от друга щелей равной ширины. Простейшая дифракционная решетка может быть изготовлена из стеклянной пластинки, на которой алмазным резцом нанесены параллельные царапины с неповрежденными промежутками между ними (щелями). Расстояние между соседними щелями называется периодом или постоянной решетки  $d$  (рис.).





где  $a$  – расстояние между соседними щелями,

$b$  – ширина щели.

Разность хода  $\Delta$  лучей, приходящихся в произвольную точку  $P$  от двух соседних щелей будет:

$$\Delta = BC = d \cdot \sin \varphi$$

Очевидно, колебания в точке  $P$  будут усиливать друг друга, если разность фаз лучей будет равна 0 или отличаться на  $2\pi$ , чему соответствует:

$$\Delta = \pm 2k \cdot \frac{\lambda}{2},$$

где  $k = 0, 1, 2, 3, \dots$

Тогда условием наблюдения максимумов (усиления колебаний) света будет:

$$d \cdot \sin \varphi = \pm 2k \cdot \frac{\lambda}{2},$$

где  $k = 0, 1, 2, 3, \dots$

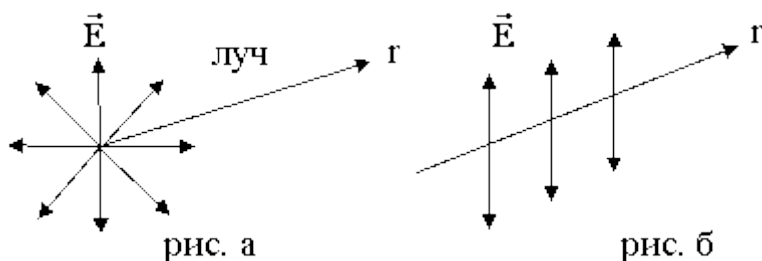
Вследствие дифракции происходит неравномерное перераспределение световой энергии между максимумами.

Дифракционная решетка является спектральным прибором. С ее помощью можно определять длины волн в спектрах излучения источников (например, звезд):

$$\lambda = \frac{d \cdot \sin \varphi}{k}.$$

### Поляризация света

Как было показано выше, свет, излучаемый большинством источников, представляет собой наложение огромного количества волн, испущенных отдельными атомами. Так как атомы излучают независимо друг от друга, то пространственная ориентация векторов  $\vec{E}$  волн разных атомов произвольна. Такой свет называется естественным (рис. а)



Луч, в котором колебания вектора  $\vec{E}$  происходят только в одном направлении (имеют полярность), называется плоскополяризованным (или линейнополяризованным) (рис. б).

Плоскость, в которой совершает колебания вектор  $\vec{E}$  называется **плоскость колебаний**. Плоскость, в которой колеблется вектор  $\vec{H}$  (или  $\vec{B}$ ), назвали плоскостью поляризации. Угол между этими плоскостями  $90^\circ$ .

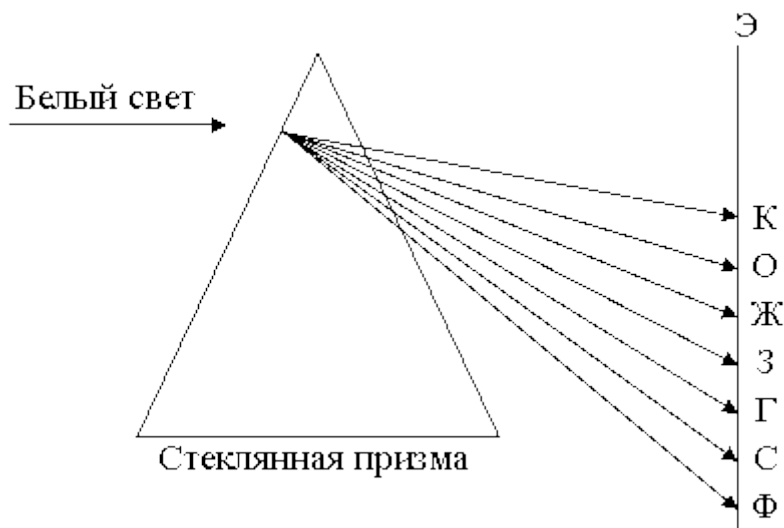
Естественный свет можно превратить в поляризованный с помощью приборов которые называются поляризаторами. При падении естественного света на границу раздела сред, с разными показателями преломления, отраженный и преломленный луч всегда поляризованы.

### Дисперсия света.

**Дисперсия света** – зависимость показателя преломления (скорости света) в среде от длины волны.

Дисперсия – причина разложения в спектр белого света, который состоит из 7 цветов: КОЖЗГСФ.

Свет одного цвета имеет определенную длину волны  $\lambda$  и называется монохроматическим.



1 вариант.

1. Луч света падает на плоскопараллельную стеклянную пластинку под углом 60 градусов. Какова толщина пластинки, если при выходе из нее луч сместился на 20 мм?

2. Какое увеличение можно получить при помощи проекционного фонаря, объектив которого имеет главное фокусное расстояние 40 см, если расстояние от объектива до экрана равно 10 м?

3. Разность хода лучей двух когерентных источников света с длиной волны 600 нм, сходящихся в некоторой точке, равна 1,5 мкм. Усиление или ослабление будет наблюдаться в этой точке?

2 вариант.

1. На плоскопараллельную пластинку толщиной 10 см падает луч света под углом 40 градусов. Проходя через пластинку, он смещается на 3 см. Определите показатель преломления вещества пластинки.

2. Определите главное фокусное расстояние рассеивающей линзы, если известно, что изображение предмета, помещенного перед ней на расстоянии 50 см, получилось уменьшенным в 5 раз.

3. В некоторую точку пространства приходят когерентные лучи, длина волны которых в вакууме равна 700 нм. Разность хода лучей равна 3,5 мкм. Определите, усиление или ослабление лучей будет наблюдаться в этой точке.

**Ключи:**

1 вариант: 1. 39 мм. 2. 24. 3. ослабление.

2 вариант: 1. 1,6. 2. 12,5 см. 3. усиление.

### Критерии оценивания:

Оценка 5 ставится, если учащиеся выполнили верно 3 задачи, верно записали условие задачи, верно выполнили чертеж, записали все необходимые и достаточные формулы для решения задачи, верно подставили численные значения, верно провели вычисления по формулам и верно записали ответ.

Оценка 4 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 2 задачи, в 3 задаче допущены ошибки либо в записи дано, либо при выполнении чертежа, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 3 ставится, если верно и полностью правильно решена и записана 1 задача, во 2 и 3 задачах допущены ошибки либо в записи дано, либо при выполнении чертежа, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 2 ставится, если в каждой из 3 задач допущены какие-либо ошибки либо в записи дано, либо при выполнении чертежа, либо в записи формул или вычислениях.

### Практическая работа №23 по теме: Внешний и внутренний фотоэффект

**Цель:** уметь решать задачи на применение формул, связывающих энергию и импульс фотона с частотой соответствующей световой волны; вычислять красную границу фотоэффекта и энергию фотоэлектронов на основе уравнения Эйнштейна;

#### Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач.
2. Рассмотреть примеры решения задач.
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

#### Теоретический материал.

$$\varepsilon = \frac{hc}{\lambda}$$

$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с — постоянная Планка,  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с — скорость света в вакууме,

$\lambda$  — длина волны

Работа выхода из металла

$$A_{\text{вых}} = h \cdot c / \lambda_0$$

$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с — постоянная Планка,  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с — скорость света в вакууме,

$\lambda_0$  — длина волны, соответствующая красной границе фотоэффекта

Формула Эйнштейна для фотоэффекта

$$\varepsilon = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}$$

$m$  — масса электрона,  $A$  — работа выхода;  $v$  — скорость электрона.

"Красная граница" фотоэффекта для данного металла

$$\nu_0 = \frac{A}{h}, \quad \lambda_0 = \frac{hc}{A}$$

$\lambda_0$  — максимальная длина волны излучения;  $\nu_0$  — минимальная частота, при которой фотоэффект еще возможен

Масса фотона

$$m_\nu = \epsilon/c^2 = h\nu/c^2$$

$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с — постоянная Планка,  $c$  — скорость света в вакууме,  $h\nu$  — энергия фотона

Импульс фотона

$$p_\nu = h/\lambda$$

$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с — постоянная Планка,  $\lambda$  — длина волны

### Примеры решения задач

#### Пример № 1.

Определите красную границу фотоэффекта для металла с работой выхода 2 эВ.

Дано:

$$h\nu_{\min} = A$$

$$A = 2 \text{ эВ} = 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

$$\lambda_{\max} = ?$$

Частота  $\nu$  света связана с его

скоростью  $c$  и длиной

волны  $\lambda$  выражением

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

Из этих двух формул получаем

Решение

Из уравнения Эйнштейна (82.4)

для фотоэффекта при

условии  $E_k = 0$  имеем

$$\frac{hc}{\lambda_{\max}} = A, \quad \lambda_{\max} = \frac{hc}{A};$$

$$\lambda_{\max} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,2 \cdot 10^{-19}} \text{ м} = 6,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

#### Пример № 2

Найдите максимальную скорость электронов, освобождаемых при фотоэффекте светом с длиной волны  $4 \cdot 10^{-7}$  м с поверхности материала с работой выхода 1,9 эВ.

Дано:

$$\lambda = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$A = 1,9 \text{ эВ} = 3,04 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$v_{\text{max}} - ?$$

**Решение:**

Для решения задачи воспользуемся уравнением Эйнштейна для фотоэффекта,

$$E = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}$$

подставив в него выражение для максимальной кинетической энергии электронов:

$$h\nu = A = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}, \quad \nu = \frac{c}{\lambda}, \quad \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} - A;$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2 \frac{hc}{\lambda} - 2A}{m}};$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2 \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^{-7}} - 2 \cdot 3,04 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \text{ м/с} \approx 6,5 \cdot 10^5 \text{ м/с}$$

$$h\nu = A = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}, \quad \nu = \frac{c}{\lambda}, \quad \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} - A;$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2 \frac{hc}{\lambda} - 2A}{m}};$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2 \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^{-7}} - 2 \cdot 3,04 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \text{ м/с} \approx 6,5 \cdot 10^5 \text{ м/с}$$

### Пример № 3

С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его импульс был равен импульсу фотона с длиной волны 520 нм?

Дано:  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ ,

$\lambda = 520 \text{ нм}$ ,

$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Найти:  $v = ?$

Получаем уравнение:  $mev = h/\lambda$

отсюда имеем:  $v = h/(\lambda \cdot me)$

Подставляем значения, получаем

Решение.

Импульс фотона:  $p_f = h/\lambda$

Импульс электрона  $p_e = mv$

$$v = 6,62 \cdot 10^{-34} / (520 \cdot 10^{-9} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}) = 1399 \text{ м/с}$$

$= 1399 \text{ м/с}$

Ответ: 1399 м/с

### **Вариант 1**

1. Какую максимальную кинетическую энергию имеют электроны, вырванные из оксида бария, при облучении светом частотой 1 МГц?
2. К какому виду следует отнести лучи, энергия фотонов которых равна 4140 эВ?
3. Найти частоту и длину волны излучения, масса фотонов которых равна массе покоя электрона.
4. На металлическую пластину падает монохроматический свет длиной волны 0,42 мкм. Фототок прекращается при задерживающем напряжении 0,95 В. Определить работу выхода электронов с поверхности пластины.

### **Вариант 2**

1. Какой кинетической энергией обладают электроны, вырванные с поверхности меди, при облучении ее светом с частотой  $6 \cdot 10^{16}$  Гц?
2. Каков импульс фотона, энергия которого равна 3 эВ?
3. Определить длину волны лучей, фотоны которых имеют такую же энергию, что и электрон, ускоренный напряжением 4В.
4. При фотоэффекте с поверхности серебра задерживающий потенциал оказался равным 1,2 В. Вычислить частоту падающего света.

### **Вариант 3**

1. Найти работу выхода электрона с поверхности некоторого материала, если при облучении этого материала желтым светом скорость выбитых электронов равна  $0,28 \cdot 10^6$  м/с. Длина волны желтого света равна 590 нм,
2. Зная, что длина электромагнитного излучения  $5,5 \cdot 10^{-7}$  м, найти частоту и энергию фотона (в Дж и эВ).
3. Какой длины волны свет надо направить на поверхность цезия, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была 2 Мм/с?
4. Рентгеновская трубка работает под напряжением 60 кВ. Определить максимальную энергию фотона рентгеновского излучения и максимальную длину волны этого излучения.

### **Вариант 4**

1. Определить наибольшую скорость электрона, вылетевшего из цезия, при освещении его светом с длиной волны 400 нм.

2. Определить энергию фотонов, соответствующих наиболее длинным (760 нм) и наиболее коротким (380 нм) волнам видимой части спектра.

3. Наибольшая длина волны света, при которой происходит фотоэффект для вольфрама, 0,275 мкм. Найти работу выхода электронов из вольфрама; наибольшую скорость электронов, вырывааемых из вольфрама светом с длиной волны 0,18 мкм.

4. Если поочередно освещать поверхности металлов излучением с длинами волн 350 и 540 нм, то максимальные скорости фотоэлектронов будут отличаться в два раза. Определить работу выхода электрона для этого металла.

### **Критерии оценивания:**

Оценка 5 ставится, если учащиеся выполнили верно 4 задачи, верно записали условие задачи, верно выполнили чертеж, записали все необходимые и достаточные формулы для решения задачи, верно подставили численные значения, верно провели вычисления по формулам и верно записали ответ.

Оценка 4 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 3 задачи, в 4 задаче допущены ошибки либо в записи дано, либо при выполнении чертежа, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 3 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 2 задачи, в 3 и 4 задачах допущены ошибки либо в записи дано, либо при выполнении чертежа, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 2 ставится, если в каждой из 4 задач допущены какие-либо ошибки либо в записи дано, либо при выполнении чертежа, либо в записи формул или вычислениях.

## **Практическая работа №24 по теме: Естественная радиоактивность. Закон радиоактивного распада.**

**Цель:** уметь определять продукты ядерных реакций на основе законов сохранения электрического заряда и массового числа, энергетический выход ядерных реакций, применять правила смещения при альфа и бета-распадах.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач.



2. Рассмотреть примеры решения задач.
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

Теоретический материал

состоит из нуклонов:

протонов ( $p$  или  ${}_1^1\text{H}$ ) и

нейтронов ( ${}_0^1n$ )

Любой элемент таблицы Менделеева можно представить:  ${}_Z^AX$

$Z$  - это

порядковый номер элемента в таблице Менделеева;

число протонов в ядре (заряд ядра атома равен произведению элементарного электрического заряда  $e$  на его порядковый номер  $Z$ :  $q=eZ$ ;

число электронов в атоме (атом в целом электрически нейтрален)

$A$  - это

массовое число (в таблице Менделеева);

общее число нуклонов в ядре:  $A = Z + N$ , где  $N$  -- число нейтронов в ядре

Ядерные реакции - превращения одних атомных ядер в другие при взаимодействии их с элементарными частицами или друг с другом.

Радиоактивность - способность атомных ядер некоторых элементов спонтанно распадаться, превращаясь в ядра другого элемента.

Закон сохранения зарядового числа (закон сохранения заряда): сумма нижних индексов частиц, вступивших в ядерную реакцию, равна сумме нижних индексов частиц, полученных в результате реакции.

Закон сохранения массового числа (закон сохранения массы): сумма верхних индексов частиц, вступивших в реакцию, равна сумме верхних индексов частиц, полученных в результате реакции.

Дефект массы ядра

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}}$$

Энергия связи атомного ядра

$$\Delta E_{\text{св}} = \Delta mc^2$$

Энергия ядерной реакции

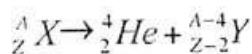
$$\Delta E = \Delta m \cdot 931,5 \text{ МэВ}$$

Альфа-частицы ( $\alpha$ ) - это ядра атома гелия:  ${}_2^4\text{He}$ .

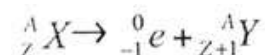
Бета-частицы ( $\beta$ ) - это электроны, летящие со скоростью, близкой к скорости света:  $v = 0,99c \cdot {}_{-1}^0e$ .

Гамма-кванты ( $\gamma$ ) - жесткое электромагнитное излучение с длиной волны ( $\lambda = 10^{11} : 10^{12}$  м)

Правило смещения при  $\alpha$ -распаде



Правило смещения при  $\beta$ -распаде



Закон радиоактивного распада

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} \text{ или } N = N_0 e^{-\lambda t},$$

$$\lambda = 2,71828$$

Период полураспада T- время, в течение которого распадается половина наличного числа радиоактивных атомов.

Примеры решения задач

Пример № 1

Вычислите энергию связи ядра атома дейтерия. Решение

$$m_p = 1,00728 \text{ а.е.м.}$$

$$m_n = 1,00866 \text{ а.е.м.}$$

$$M_{\frac{2}{1}\text{H}} = 2,01410 \text{ а.е.м.}$$

$$m_e = 0,00055 \text{ а.е.м.}$$

$\Delta E$  - ?

Энергия связи ядра равна

$$\Delta E = \Delta m c^2$$

где  $\Delta m$  - разность суммы масс свободных частиц, входящих в состав ядра, и массы

$$\Delta m = m_p + m_n - m_{\text{я}} = m_p + m_n - \left( M_{\frac{2}{1}\text{H}} - m_e \right);$$

$$\Delta m = 1,00728 \text{ а.е.м.} + 1,00866 \text{ а.е.м.} - 2,01410 \text{ а.е.м.} +$$

ядра;  $+0,00055 \text{ а.е.м.} = 0,00239 \text{ а.е.м.}$

Но  $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ , поэтому

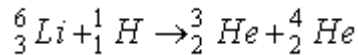
$$\Delta m = 0,00239 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 3,967 \cdot 10^{-30} \text{ кг}$$

$$\text{а } \Delta E = 3,967 \cdot 10^{-36} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ Дж} = 3,57 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$$

$$\Delta E = \frac{3,57 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}}{1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{ Дж}}{\text{ эВ}}} = 2,23 \cdot 10^6 \text{ эВ} = 2,23 \text{ МэВ}$$

Пример № 2

Вычислите энергетический выход ядерной реакции



Решение:

Для вычисления энергетического выхода ядерной реакции необходимо найти разность масс частиц, вступающих в реакцию, и частиц - продуктов реакции

$$M_{{}^6_3\text{Li}} = 6,01512 \text{ а.е.м.}$$

$$M_{{}^1_1\text{H}} = 1,00782 \text{ а.е.м.}$$

$$M_{{}^3_2\text{He}} = 3,01605 \text{ а.е.м.}$$

$$M_{{}^4_2\text{He}} = 4,00260 \text{ а.е.м.}$$

$$\Delta E = ?$$

$$\Delta E = \Delta mc^2,$$

$$\Delta m = M_{{}^6_3\text{Li}} + M_{{}^1_1\text{H}} - M_{{}^3_2\text{He}} - M_{{}^4_2\text{He}};$$

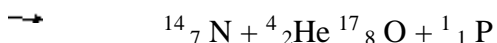
$$\Delta m = 6,01512 \text{ а.е.м.} + 1,00782 \text{ а.е.м.} - 3,01605 \text{ а.е.м.} - 4,00260 \text{ а.е.м.} = 0,00429 \text{ а.е.м.}$$

$$\Delta E = 0,00429 \text{ а.е.м.} \cdot 931 \frac{\text{ МэВ}}{\text{ а.е.м.}} = 4,0 \text{ МэВ}$$

Пример № 3.

В результате захвата альфа –частицы ядром изотопа азота  ${}^{14}_7\text{N}$  образуется неизвестный элемент и протон. Написать ядерную реакцию и определить неизвестный элемент. Решение.

Запишем ядерную реакцию:



Поскольку суммы для массовых чисел и зарядов в правой и левой частях этого выражения должны быть равны, то

$$14 + 4 = 1 + A, 7 + 2 = 1 + Z,$$

откуда

$$A = 17, Z = 8.$$

Следовательно, полученный элемент можно символически записать в виде  ${}^{17}_8\text{X}$ . Из таблицы Менделеева найдем, что это изотоп кислорода  ${}^{17}_8\text{O}$ .

**Вариант 1**

**Часть А**

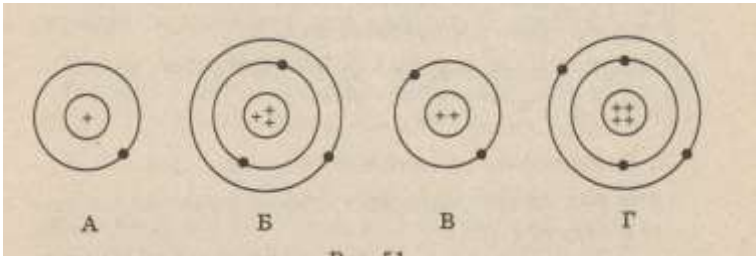
**1. Явление радиоактивности, открытое Беккерелем, свидетельствует о том, что...**

- А. Все вещества состоят из неделимых частиц-атомов.
- Б. В состав атома входят электроны.
- В. Атом имеет сложную структуру.
- Г. Это явление характерно только для урана.

**2. Кто предложил ядерную модель строения атома?**

- А. Беккерель. Б. Гейзенберг. В. Томсон. Г. Резерфорд.

**3. На рисунке изображены схемы четырёх атомов. Чёрные точки- электроны. Какая схема соответствует атому  ${}^2_4\text{He}$ ?**



**4. В состав атома входят следующие частицы:**

- А. Только протоны. Б. нуклоны и электроны. В. протоны и нейтроны. Г. Нейтроны и электроны.

**5. Чему равно массовое число ядра атома марганца  ${}_{25}^{55}\text{Mn}$ ?**

- А. 25. Б. 80. В. 30. Г. 55.

**6. В каких из следующих реакций нарушен закон сохранения заряда?**

- А.  ${}^8_{15}\text{O} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^8_{14}\text{O}$ . Б.  ${}^3_6\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^2_4\text{He} + {}^2_3\text{He}$ . В.  ${}^2_3\text{He} + {}^2_3\text{He} \rightarrow {}^2_4\text{He} + {}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H}$ .

- Г.  ${}^3_7\text{Li} + {}^2_4\text{He} \rightarrow {}^5_{10}\text{B} + {}^0_1\text{n}$ .

**7. Атомное ядро состоит из протонов и нейтронов. Между какими парами частиц внутри ядра действуют ядерные силы?**

- А. Протон- протон Б. Протон- нейтрон. В. Нейтрон- нейтрон. Г. Во всех парах А- В.

**8. Массы протона и нейтрона...**

- А. Относятся как 1836:1. Б. Приблизительно одинаковы. В. Относятся как 1:1836.

- Г. Приблизительно равны нулю.

**9. В ядре атома кальция  ${}_{20}^{40}\text{Ca}$  содержится...**

- А. 20 нейтронов и 40 протонов.    Б. 40 нейтронов и 20 электронов.  
В. 20 протонов и 40 электронов.    Г. 20 протонов и 20 нейтронов.

**10. В каком приборе след движения быстрой заряженной частицы в газе делается видимым (в результате конденсации пересыщенного пара на ионах)?**

А. В счетчике Гейгера.    Б. В камере Вильсона.    В. В сцинтилляционном счетчике.

Г. В пузырьковой камере.

**11. Определить второй продукт X в ядерной реакции:  ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{11}^{24}\text{Na} + \text{X}$ .**

А. Альфа- частица.    Б. нейтрон.    В. протон.    Г. электрон

**12. Какой вид радиоактивного излучения наиболее опасен при внешнем облучении человека?**

А. Бета- излучение.    Б. гамма- излучение.    В. Альфа- излучение.

Г. Все три вида излучения: альфа, бета, гамма.

**13. При альфа- распаде атомных ядер...**

А. Масса ядра остается практически неизменной, поэтому массовое число сохраняется, а заряд увеличивается на единицу.

Б. Массовое число уменьшается на 4, а заряд остается неизменным.

В. Массовое число уменьшается на 4, а заряд увеличивается на 2.

Г. Массовое число уменьшается на 4, заряд также уменьшается на 2.

**14. Каков состав атома?**

А) Положительно заряженный объём с электронами внутри него, суммарный заряд электронов по величине равен положительному заряду.

В) Положительно заряженная частица, содержащая протоны и нейтроны.

С) Система из электронов, число которых равно порядковому номеру элемента.

Д) Нейтральная система, содержащая только электроны.

Е) Нейтральная система из положительно заряженного ядра и электронов.

**15. Основная идея модели атома Резерфорда состоит в том, что положительный заряд атома**

А) отклоняется при встрече с альфа-частицей.

В) один и тот же для всех атомов.

С) равен отрицательному заряду.

Д) распределён равномерно по объёму.

Е) сконцентрирован в центре.

**16. Какие опыты послужили Резерфорду основанием для создания ядерной модели атома?**

- А) Химические реакции.
- В) Наблюдения за спектрами излучения атомов.
- С) Ядерные реакции.
- Д) Опыты по исследованию вольтамперных характеристик разряда через пары ртути с использованием метода задерживающего потенциала.
- Е) Опыты по рассеянию альфа-частиц металлической фольгой.

**17. Электроны в атоме:**

- А) могут быть заряжены и положительно и отрицательно
- В) находятся на некотором расстоянии от ядра
- С) связаны с ним постоянно
- Д) обладают большей массой чем ядро
- Е) заряжены положительно.

**18. Какие операции нужно проделать с крупницей вещества, чтобы узнать её химический состав?**

- А) Среди предложенных ответов нет правильного.
- В) Осветить мощным лучом и изучить спектр пройденного света.
- С) Нагреть газ до светимости и изучить спектр.
- Д) Облучить газ рентгеновскими лучами и снять рентгенограмму.
- Е) Поместить газ в магнитное поле и изучить результирующее поле.

**19. Почти весь объём вещества занимают:**

- А) электроны и протоны. В) протоны. С) пустота. Д) нейтроны. Е) электроны.

**20. Сколько электронов содержится в электронной оболочке нейтрального атома, в атомном ядре которого содержится 7 протонов и 8 нейтронов?**

- А) 1. В) 5. С) 8. Д) 7. Е) 15.

**21. Какое из утверждений неверно?**

- А) массы протонов и электронов одинаковы
- В) в неионизированном атоме заряд протонов равен заряду электронов
- С) положительный заряд атомных ядер обусловлен их протонами
- Д) все протоны имеют одинаковый заряд
- Е) заряд протона равен заряду электрона, но противоположен по знаку.

**22. Атомы и молекулы в нормальном состоянии**

- А) электрически нейтральны В) заряжены отрицательно
- С) могут быть заряжены либо отрицательно, либо положительно

Д) ионизированы      Е) заряжены положительно

**23. Примерно во сколько раз радиус атома больше радиуса атомного ядра?**

А)  $10^3$     В) 10    С)  $10^2$ .    Д)  $10^5$ .    Е)  $10^4$ .

**24. Какой знак имеет заряд атомного ядра?**

А) У разных ядер различный.    В) Во всех ядрах одинаковый.    С) Заряд равен нулю.  
Д) Отрицательный.                      Е) Положительный.

**25. Какие операции нужно сделать с газом, чтобы узнать её химический состав?**

А) Поместить газ в магнитное поле и изучить результирующее поле.  
В) Осветить мощным лучом и изучить спектр пройденного света.  
С) Среди предложенных ответов нет правильного.  
Д) Облучить газ рентгеновскими лучами и снять рентгенограмму.  
Е) Нагреть газ до светимости и изучить спектр.

**26. Какой знак имеет заряд атомного ядра?**

А. Положительный. Б. Отрицательный. В. Заряд равен нулю.  
Г. У разных ядер различный. Д. Среди ответов А–Г нет правильного.

**27. Сколько электронов содержится в электронной оболочке нейтрального атома, в атомном ядре которого содержится 16 протонов и 15 нейтронов?**

А. 0. Б. 1. В. 15. Г. 16. Д. 31.

**15. Сколько протонов  $Z$  и сколько нейтронов  $N$  в ядре изотопа кислорода  $^{17}_8\text{O}$ ?**

А.  $Z=8, N=17$ . Б.  $Z=8, N=9$ . В.  $N=8, Z=17$ . Г.  $Z=9, N=8$ . Д.  $Z=8, N=8$ .

**28. Сколько электронов содержится в электронной оболочке нейтрального атома, в атомном ядре которого содержится 7 протонов и 8 нейтронов?**

А. 0. Б. 1. В. 7. Г. 8. Д. 15.

**29. В атомном ядре содержится 25 протонов и 30 нейтронов. Каким положительным зарядом, выраженным в элементарных электрических зарядах  $+e$ , обладает это атомное ядро?**

А)  $+5e$ ;  
Б)  $+30e$ ;  
В)  $+25e$ ;  
Г) 0.

**30. Из каких частиц состоят ядра атомов?**

А) из протонов;  
Б) из нейтронов;

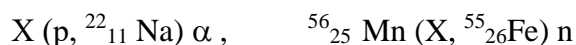
В) из протонов, нейтронов и электронов;

Г) из протонов и нейтронов.

### Часть В

1. Опишите состав атома урана  $^{238}_{92}\text{U}$
2. Напишите реакции альфа- и бета- распада берклия  $^{247}_{97}\text{Bk}$
3. Определите строение ядер германия и радия.
4. В результате серии радиоактивных распадов уран  $^{235}_{92}\text{U}$  превращается в торий  $^{219}_{90}\text{Th}$ . Сколько  $\alpha$  и  $\beta$  распадов он при этом испытывает ?
5. При бомбардировке  $\alpha$  - частицами алюминия образуется новое ядро и нейтрон. Напишите ядерную реакцию. Полученное ядро испытывает  $\beta$  - распад. Напишите ядерную реакцию.

6. Напишите ядерные реакции:

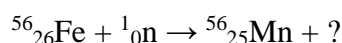
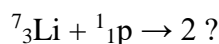
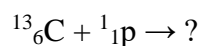
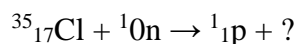


7. Напишите уравнения следующих ядерных реакций:

алюминий ( $^{27}_{13}\text{Al}$ ) захватывает нейтрон и испускает  $\alpha$ -частицу;

азот ( $^{14}_7\text{N}$ ) бомбардируется  $\alpha$ -частицами и испускает протон.

8. Закончите уравнение ядерных реакций:



### Практическая работа №25 по теме: Ядерные реакции. Радиоактивные превращения

Цель:

- сформулировать правила  $\alpha$ - и  $\beta$ - распада, законы сохранения массового числа и заряда при радиоактивном превращении;
- развивать мыслительную деятельность учащихся, умение самостоятельно работать, анализировать таблицы.

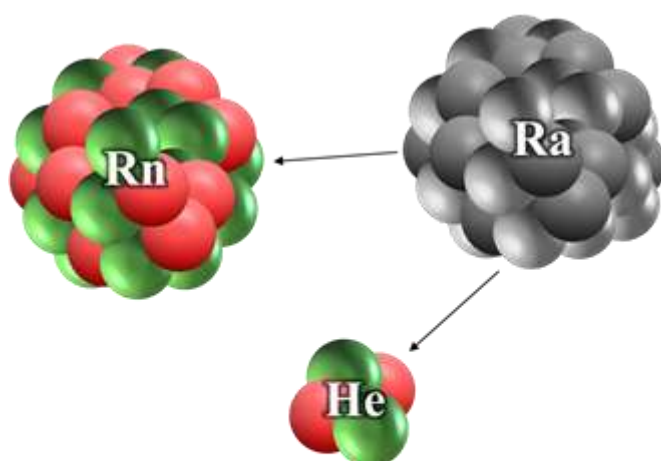
После открытия Резерфордом атомного ядра многочисленные эксперименты подтвердили, что ядра атомов, так же, как и сами атомы, имеют сложную структуру. Одним из подтверждением этого, является естественная радиоактивность, о которой мы говорили на прошлом уроке. Вспомним, что



радиоактивностью мы назвали способность атомов некоторых химических элементов к самопроизвольному излучению.

Вторым подтверждением того, что атомы химических элементов имеют сложное строение, явилось открытие **радиоактивного распада**. Так называют **превращения атомных ядер одного химического элемента в ядра атомов другого химического элемента, сопровождающиеся испусканием частиц**.

Примечательно, что ядерные реакции были открыты до того, как было установлено существование атомных ядер. Ещё в 1903 году Эрнест Резерфорд и его помощник, английский химик Фредерик Содди, обнаружили, что в результате  $\alpha$ -распада радиоактивный радий превращается в новый химический элемент — радон.



При этом оба химических элемента не имеют ничего общего друг с другом: радий — это металл, который при нормальных условиях находится в твёрдом состоянии, а радон — это инертный газ. Помимо этого, атомы обоих элементов имеют разную массу, заряд ядра и количество электронов в электронной оболочке. Плюс ко всему, они по-разному вступают в химические реакции.

Вскоре опыты, проведённые с другими радиоактивными элементами, показали, что не только при  $\alpha$ -излучении, но и при  $\beta$ -распаде происходит превращение одного химического элемента в другой. Однако механизм обоих превращений не был понятен вплоть до 1911 года. Лишь после того, как Резерфордом была предложена ядерная модель атома, стало понятно, что **именно ядро претерпевает изменения при радиоактивных превращениях**.

На самом деле. Как мы знаем,  $\alpha$ -излучение — это поток атомов гелия, потерявших оба своих электрона, и их нет в электронной оболочке атома. А при  $\beta$ -излучении испускаются электроны, но уменьшение числа электронов в атоме превращает его в ион того же элемента, но не в новый химический элемент с другими физическими и химическими свойствами.

Посмотрите, как записывается реакция альфа-распада ядра атома радия с превращением его в ядро атома радона:



**Число, которое стоит сверху перед буквенным обозначением ядра, называется массовым числом, а внизу — зарядовым числом (или атомным номером).**

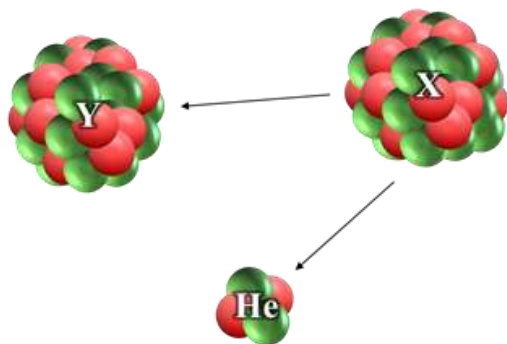
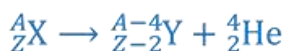
Массовое число ядра атома обозначается большой буквой А. Оно с точностью до целых чисел равно числу атомных единиц массы, содержащихся в массе ядра данного химического элемента.

Одна атомная единица массы — это внесистемная единица массы, которая применяется для масс молекул, атомов, атомных ядер и элементарных частиц. Она определяется как 1/12 часть массы свободного покоящегося атома углерода.

Зарядовое число ядра атома обозначается большой латинской буквой Z. Оно равно числу элементарных электрических зарядов, содержащихся в заряде ядра данного химического элемента.

Напомним, что под элементарным зарядом мы понимаем наименьший электрический заряд, равный по модулю заряду электрона.

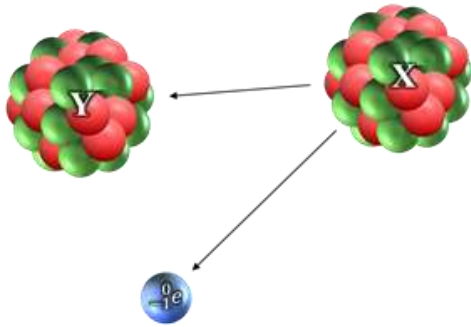
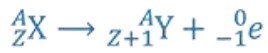
- В физике принято выделять два вида радиоактивного распада — это  $\alpha$ - и  $\beta$ -распад. Давайте рассмотрим некоторые их свойства. Итак, мы уже знаем, что  $\alpha$ -распад характеризуется вылетом ядра атома гелия. Следовательно, продуктом распада материнского ядра оказывается элемент, зарядовое число которого на 2 единицы меньше, а массовое число на 4 единицы меньше, чем у материнского ядра. Из особенностей  $\alpha$ -распада выделим следующие:



Во-первых, он наблюдается для природных ядер, зарядовое число которых больше 83 (это, так называемые, тяжёлые ядра, поскольку их атомная масса больше 200 а.е.м.).

А во-вторых, энергии и скорости испускаемых  $\alpha$ -частиц в пучке очень близки друг к другу.

Как мы говорили на прошлом уроке,  $\beta$ -излучение является потоком электронов. Иными словами, при бета-распаде ядра самопроизвольно испускают электрон. В результате образуется новое ядро с тем же самым массовым числом, но с атомным номером на единицу больше.

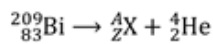


- Из особенностей  $\beta$ -распада выделим то, что он наблюдается для тяжёлых и средних ядер, а скорости электронов сильно различаются по величине.
- Интересно, что изучение  $\beta$ -распада показало, что в нём как-бы нарушаются два фундаментальных закона: закон сохранения энергии и импульса. В связи с этим, швейцарский физик Вольфганг Эрнст Паули предположил, что при  $\beta$ -распаде рождается ещё какая-то частица, которая и уносит часть энергии и импульса. А итальянский физик Энрико Ферми показал, что эта частица нейтральная и имеет ничтожную массу. Он так же дал название этой частице — нейтрино.

• **Закрепления материала.**

**Задача 1.** Напишите ядерную реакцию, происходящую при  $\alpha$ -распаде ядра атома висмута. Какой элемент образуется при такой реакции?

**РЕШЕНИЕ**



Закон сохранения заряда:  $83 = Z + 2 \Rightarrow Z = 83 - 2 = 81$ .

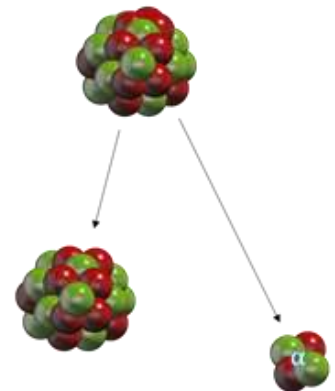
Закон сохранения массового числа:  $209 = A + 4$ .

Следовательно,  $A = 209 - 4 = 205$ .

Неизвестный элемент:  ${}^A_ZX = {}^{205}_{81}\text{Tl}$ .

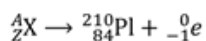
Тогда  ${}^{209}_{83}\text{Bi} \rightarrow {}^{205}_{81}\text{Tl} + {}^4_2\text{He}$ .

**ОТВЕТ:** в результате  $\alpha$ -распада  ${}^{209}_{83}\text{Bi}$  образуется ядро таллия  ${}^{205}_{81}\text{Tl}$ .



**Задача 2.** Радиоактивный элемент испытал  $\beta$ -распад, в результате которого образовалось ядро полония  ${}_{84}^{210}\text{Po}$ . Запишите реакцию распада и определите, ядро какого элемента распалось.

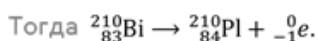
**РЕШЕНИЕ**



Закон сохранения заряда:  $Z = 84 + (-1) = 83$ .

Закон сохранения массового числа:  $A = 210 + 0 = 210$ .

Неизвестный элемент:  ${}^A_Z\text{X} = {}_{83}^{210}\text{Bi}$ .



**ОТВЕТ:**  $\beta$ -распад претерпело ядро атома  ${}_{83}^{210}\text{Bi}$ .

**Вариант 1**

1. Для нейтрального атома бора  ${}^5_{10}\text{B}$  определите число нуклонов, протонов, нейтронов и электронов.

2. Полоний  ${}_{84}^{210}\text{Po}$  испытывает  $\alpha$ -распад. Запишите реакцию этого радиоактивного распада.

3. Ядро атома плутония  ${}_{94}^{239}\text{Pu}$  испытывает 3  $\alpha$ - и 2  $\beta$ -распадов. Какое ядро получилось в результате? Запишите реакции.

4.

**Вариант 2**

1. Для нейтрального атома алюминия  ${}_{13}^{27}\text{Al}$  определите число нуклонов, протонов, нейтронов и электронов.

2. Полоний  ${}_{84}^{210}\text{Po}$  испытывает  $\beta$ -распад. Запишите реакцию этого радиоактивного распада.

3. Ядро атома плутония  ${}_{94}^{239}\text{Pu}$  испытывает 2  $\alpha$ - и 3  $\beta$ -распадов. Какое ядро получилось в результате? Запишите реакции.

**Вариант 3**

1. Для нейтрального атома меди  ${}_{29}^{64}\text{Cu}$  определите число нуклонов, протонов, нейтронов и электронов.

2. Плутоний  ${}_{94}^{239}\text{Pu}$  испытывает  $\beta$ -распад. Запишите реакцию этого радиоактивного распада.

3. Ядро атома полония  ${}_{84}^{210}\text{Po}$  испытывает 3  $\alpha$ - и 4  $\beta$ -распадов. Какое ядро получилось в результате? Запишите реакции.

#### Вариант 4

1. Для нейтрального атома калия  ${}_{19}^{39}\text{K}$  определите число нуклонов, протонов, нейтронов и электронов.

2. Плутоний  ${}_{94}^{239}\text{Pu}$  испытывает  $\alpha$ -распад. Запишите реакцию этого радиоактивного распада.

3. Ядро атома полония  ${}_{84}^{210}\text{Po}$  испытывает 2  $\alpha$ - и 5  $\beta$ -распадов. Какое ядро получилось в результате? Запишите реакции.

#### Критерии оценивания:

Оценка 5 ставится, если учащиеся выполнили верно 3 задачи, верно записали условие задачи, верно выполнили чертеж, записали все необходимые и достаточные формулы для решения задачи, верно подставили численные значения, верно провели вычисления по формулам и верно записали ответ.

Оценка 4 ставится, если верно и полностью правильно решены и записаны 2 задачи, в 3 задаче допущены ошибки либо в записи дано, либо при выполнении чертежа, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 3 ставится, если верно и полностью правильно решена и записана 1 задача, во 2 и 3 задачах допущены ошибки либо в записи дано, либо при выполнении чертежа, либо в записи формул или вычислениях.

Оценка 2 ставится, если в каждой из 3 задач допущены какие-либо ошибки либо в записи дано, либо при выполнении чертежа, либо в записи формул или вычислениях.

### Использованная литература:

1. Дмитриева В.Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля. – М., 2019.
2. Дмитриева В.Ф. Задачи по физике: учеб. пособие. – М., 2019.
3. Дмитриева В.Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля: учебник для образоват. учреждений нач. и сред. проф. образования – М., 2019.
4. Кабардин О.Ф., Орлов В.А. Экспериментальные задания по физике. 9—11 классы: учебное пособие для учащихся общеобразовательных учреждений. – М., 2009.
5. Самойленко П.И. Физика для профессий и специальностей социально-экономического и гуманитарного профилей. – М., 2012.
6. Касьянов В.А. Физика. 10, 11 кл. Тематическое и поурочное планирование. – М., 2008.
7. Лабковский В.Б. 220 задач по физике с решениями: книга для учащихся 10—11 кл. общеобразовательных учреждений. – М., 2009.
8. Федеральный компонент государственного стандарта общего образования / Министерство образования РФ. – М., 2009.
9. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика. Учебник для 10 кл. – М., 2008.
10. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика. Учебник для 11 кл. – М., 2008.
11. Громов С.В. Физика: Механика. Теория относительности. Электродинамика: Учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений. – М., 2008.
12. Громов С.В. Физика: Оптика. Тепловые явления. Строение и свойства вещества: Учебник для 11 кл. общеобразовательных учреждений. – М., 2009.
13. Касьянов В.А. Физика. 10 кл.: Учебник для общеобразовательных учебных заведений. – М., 2008.
14. Касьянов В.А. Физика. 11 кл.: Учебник для общеобразовательных учебных заведений. – М., 2009.
15. Самойленко П.И., Сергеев А.В. Сборник задач и вопросы по физике: учеб. пособие. – М., 2010.
16. Самойленко П.И., Сергеев А.В. Физика (для нетехнических специальностей): учебник. – М., 2009.