Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Бутакова Оксана Стефановна
Должность: директор
Дата подписания: 06.11.2025 05:03:41
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 И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Дисциплина: ОД.11Физика

Профессия: 13.01.10 Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования

Ленск, 2023

Методические рекомендации по выполнению практических занятий и лабораторных работ составлены на основе требований Федерального государственного образовательного стандарта по профессии 13.01.10 Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования среднего профессионального образования к содержанию и уровню подготовки выпускника в соответствии учебным планом и рабочей программой дисциплины ОД.11 «Физика», утвержденных ГБПОУ РС (Я) «Ленский технологический техникум».

РЕКОМЕНДОВАНО

Учебно-методическим советом

ГБПОУ РС (Я) «Ленский технологический техникум»

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Республики Саха (Якутия) «Ленский технологический техникум» Учебно методический совет Протокол № 11 «30» июня 2023 г.

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании ПЦК
«Общеобразовательных дисциплин»
Протокол №10
от "26" июня 2023 г.
Председатель ПЦК: _____/Еремеева Т.С./

Автор: Кнутов Леонид Владимирович, преподаватель ГБПОУ РС(Я) «Ленский технологический техникум»

Оглавление

Введение 5
Критерии оценки практических работ: 6
Методика проведения контроля и критерии оценки работ 8
Практическая работа№1 по теме: Решение задач с профессиональной направленностью на тему Основы кинематики 10
Практическая работа №2 по теме: Решение задач с профессиональной направленностью по теме Законы Ньютона 15
Лабораторная работа №1 19
Лабораторная работа №2 21
Практическая работа №3 по теме: Решение задач по теме Виды сил 25
Практическая работа №4 по теме: Закон всемирного тяготения 32
Практическая работа №5 по теме: Решение задач по теме Закон сохранения импульса.. 34
Практическая работа №6 по теме: Решение задач по теме Работа и мощность 37
Практическая работа №7 по теме:Решение задач по теме Закон сохранения энергии 42
Практическая работа №8 по теме: Механические колебания. 43
Лабораторная работа №3 Определение ускорения свободного падения при помощи маятника 48
Практическая работа №9 Решение задач по теме Механические волны 50
Практическая работа №10 по теме: Решение задач по теме Основы МКТ 55
Практическая работа №11 по теме: Решение задач 63
Лабораторная работа №4 66
Практическая работа №12 по теме: Решение задач по теме:Уравнение состояния идеального газа 68
Практическая работа №13 Решение задач по теме Газовые законы. Изопроцессы 71
Практическая работа №14 78
Лабораторная работа №5 Измерение влажности воздуха 79
Лабораторная работа №6 Определение плотности твердого тела 81
Практическая работа №15 по теме: Решение задач Первый и второй законы термодинамики 87
Практическая работа №16 по теме: Решение задач Тепловые двигатели 88
Практическая работа №17 по теме: Решение задач на закон Кулона 91
Практическая работа №18 по теме: Решение задач на взаимодействие зарядов 100
Практическая работа №19 по теме: Решение задач с профессиональной направленностью по теме Конденсаторы 106

Практическая работа №20 по теме: Решение задач Электростатика……..…..112
Практическая работа №21 по теме: Решение задач Закон Ома…….…..…..117
Практическая работа №22 по теме: Решение задач Закон Ома дла полной цепи…….…….…..…..121
Лабораторная работа №7……...……124
Лабораторная работа №8……...……127
Практическая работа №23: Решение задач на тему Соединение проводников 127
Практическая работа №24: Решение задач на тему Соединение проводников……132
Лабораторная работа №9……...……137
Практическая работа №25 по теме: Решение задач с профессиональной направленностью по теме Закон электромагнитной индукции 138
Практическая работа №26 по теме: Решение задач с профессиональной направленностью по теме Закон электромагнитной индукции……143
Практическая работа №27 по теме: Решение задач с профессиональной направленностью по теме Электромагнитные волны ……149
Лабораторная работа №10……...…...157
Практическая работа №28 по теме: Решение задач Геометрическая и волновая оптика. ……...138
Лабораторная работа №11……...…...164
Практическая работа №29 по теме: Решение задач Физика атома. ……...138
Использованная литература: 173

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:

.1	Описывать и объяснять физические явления и свойства тел Объясняет физические явления и свойства тел с точки зрения науки
.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
.3	Делать выводы на основе экспериментальных данных Применяет законы механики, МКТ, электродинамики и квантовой физики при выполнении практических работ
.4	Приводить примеры практического использования физических знаний: законов классической, квантовой и релятивисткой механики Приводит примеры практического использования физических знаний на практике, в быту
.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, близкодействие, сторонни 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
.2	Знает физические величины: 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, электроемкость, сила тока, сопротивление, удельное сопротивление, индуктивность, сила Лоренца, сила Ампера; постоянная Планка, Ридберга, радиус стационарной круговой орбиты, Боровский 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, электроемкость, сила тока, сопротивление, удельное сопротивление, индуктивность, сила Лоренца, сила Ампера; постоянная Планка, Ридберга, радиус стационарной круговой орбиты, Боровский радиус
.3	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
.4	Вклад российских и зарубежных ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие науки Знает имена и вклад ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие науки

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 одногрупникам	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 затрудняется в построении логического изложения материала	Приводит примеры, описывает явления, факты, но затрудняется в логическом изложении, анализе, сравнении, выводах	Приводит примеры, факты, описывает явления, не делает выводы, сравнения
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	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

	требованиями, даются ссылки на источники			
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 одногрупникам	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 время и подготовки задания, сроков сдачи заданий.	Превышение времени выполнения на 10 %	Превышение времени выполнения на 20%	Превышение времени 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: Решение задач с профессиональной направленностью на тему Основы кинематики

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 приготовиться до начала занятия, используя рекомендованную литературу и конспект лекций.

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

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

Т**еоретическая часть**

В векторном виде

В проекциях на ось Ох

В скалярном виде

Равномерное прямолинейное движение Скорость

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

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

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

Координата (управление движения):

$$x = x_0 + \upsilon_x t$$

Равноускоренное прямолинейное движение

Средняя скорость:

$$\left\langle \vec{\upsilon} \right\rangle = \frac{\left\langle \Delta \vec{r} \right\rangle}{t}$$

Мгновенная скорость:

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

$$\upsilon_x = \upsilon_{0_x} + a_x \cdot t$$

$$\upsilon = \upsilon_0 \pm a \cdot t$$

Уравнение скорости:

$$\upsilon_x = \upsilon_{0_x} + a_x \cdot t$$

Перемещение:

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

$$\Delta r_x = \upsilon_{0_x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}$$

$$\Delta r = \upsilon_0 \cdot t \pm \frac{a \cdot t^2}{2}$$

Координата (уравнение движения):

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

Криволинейное движение

Линейная скорость:

$$\upsilon = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R \upsilon$$

$$\upsilon = \omega R$$

Период:

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

Частота:

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

Циклическая частота:

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

Центростремительное ускорение:

$$a_ц = \frac{\upsilon^2}{R} = \omega^2 R$$

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 ч

$t_{пл}$=12 ч

Решение:

Введем следующие обозначения:

L - расстояние между А и В,

$v_р$- скорость течения реки,

$v_л$ - собственная скорость лодки.

t_2-?

Тогда скорость лодки по течению равна ($v_р$ + $v_л$), против течения - ($v_р$ - $v_л$). Используя формулу и условие задачи, получим:

$t_{пл} = \frac{L}{v_р}$, (1)

$t_1 = \frac{L}{v_л + v_р}$(2)

$t_2 = \frac{L}{v_л - v_р}$(3)

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

$v_р \cdot t_{пл} = t_1(v_л + v_р)$,

$\frac{v_л + v_р}{v_р} = \frac{t_{пл}}{t_1} = \frac{12}{3} = 4, или v_р = \frac{v_л}{3}$.

Тогда из (3) $\Rightarrow$ $t_2 = \frac{L}{v_л - \frac{v_л}{3}} = \frac{3L}{2v_л}$. (4)

Из (1) $\Rightarrow$ $L = t_{пл} \cdot v_р = t_{пл} \cdot \frac{v_л}{3}$.

Подставим полученное выражение для L в (4):

$t_2 = \frac{3}{2v_л} \cdot t_{пл} \cdot \frac{v_л}{3} = \frac{t_{пл}}{2} = \frac{12}{2} = 6ч.$

Ответ: t_2 = 6ч.

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 с

S_1=18м

S_2=54м

Решение:

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

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

где v_0 - начальная скорость движения для первого участка пути, v'_0 - для второго участка. Так как эти участки являются последовательными, то v'_0является одновременно конечной скоростью для S_1.

V_0-?

а -?

Следовательно $v_0' = v_0 + at.$ (3)

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

Вычитая почленно из полученного выражения (1), получаем:

$s_2 - s_1 = at^2$,

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

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

Ответ: $a = 4\frac{м}{c^2}, v_0 = 0.$

Пример 3.

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

Дано:

t_1=1 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:

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

$\frac{H}{5} = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$, (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):

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

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

$t_0^2 - 1010t_0 + 5 = 0$, откуда $t_{01} = 9{,}5c, t_{02} = 0{,}5c$.

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

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

Ответ: H = 442 м.

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

Вариант 1

1.Какую скорость приобретает автобус за 10 с, если он трогается с места с ускорением 1,2 м /с2?

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.

Вариант 2

1.Определите какую скорость развивает велосипедист за 20 с, двигаясь из состояния покоя с ускорением 0,2 м/с2?

2. Поезд, идущий со скоростью 36 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. 12м /с. 2. 0,25 мс2, 5 м/с. 3. 1.41 с.

2 вариант. 1. 4 м/с. 2. 10 м. 3. 2м/с2.

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: Решение задач с профессиональной направленностью по теме 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:

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

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 $\upsilon << c$)

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. Системуотсчета, 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:

$$\vec{F}_{\text{р}} = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i = \vec{0},$$

значит, $\vec{v}$ = 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:

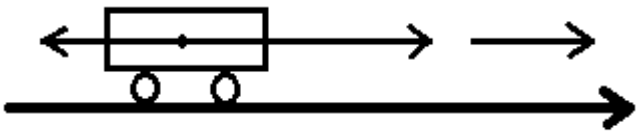
$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

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

$F_{тяг}$=650кН 650000Н

F_c=162,5кН

162500Н

a-? $\vec{F}$ $m\vec{a}$

+ =

$\vec{F}_{тяги}$ $\vec{F}_c$ $m\vec{a}$

$F_{тягих}=F_{тяги}$; $F_{cx}=F_c$; $a_x=a$

$F_{тяги}-F_c=ma$

a =(Fтяги-Fc)/m;

a =(650000Н-162500Н)/3250000кг=0,15м/с^2

Ответ: a=0,15м/с^2

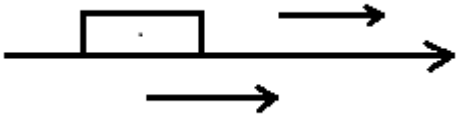
Пример № 2.

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=15c S = at^2/2; S_x=S; a_x=a;

$\vec{a}$



v_0=0 a=2S/t^2

S=180м a=2·180м/(15с)^2=1,6м/с^2 $\vec{s}$

t_1=30с S_1=at_1^2/2

а-? S_1 =1,6м/с^2·(30с)^2/2=720м

S_1-?

Ответ: а=1,6м/с^2; S_1=720м

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

Вариант 1

1. Сила 60 Н сообщает ускорение 0,8 м/с2. Какая сила сообщает этому телу ускорение 2 м/с2?

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?

Вариант 2

1. Под действием некоторой силы тело массой 4 кг приобрело ускорение 2 м/с2. 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 м/с2.

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

Ключи:

1 вариант: 1.150 Н. 2 0,18 м/с2 . 3. 18,5 кН.

2 вариант: 1.0,8 м/с2 . 2. 0,15 м/с2. 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.

Лабораторная работа №1 Измерение коэффициента трения скольжения

Цель работы: определить коэффициент трения скольжения и исследовать его зависимость от свойств поверхности.

Оборудование: доска, два бруска, различающихся по гладкости поверхностей, лист бумаги, штатив, линейка.

Теория:

Сила трения скольжения направлена в сторону, противоположную относительной скорости тел, и равна: $F_{\text{тр}} = \mu N$.

Сумма сил, действующих на равномерно скользящее тело ($\vec{a} = 0$), равна нулю: $m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} = 0$.

В проекции на оси:

$$\begin{cases} mg\sin\alpha - F_{\text{тр}} = 0 \\ -mg\cos\alpha + N = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} mg\sin\alpha = F_{\text{тр}} \\ mg\cos\alpha = N \end{cases} \Rightarrow \operatorname{tg}\alpha = \frac{F_{\text{тр}}}{N} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mu = \operatorname{tg}\alpha$$

Таким образом, измерив угол, при котором тело начинает скользить по наклонной плоскости, мы можем определить коэффициент трения.

Ход работы:

1. Измерьте длину l доски.
2. На штативе укрепите кусок плотной бумаги. Нижний конец листа должен касаться стола.
3. Положите первый брусок на доску.
4. Один конец доски не должен двигаться, поэтому прижмите его к какой-нибудь опоре, например к стопке книг. Начинайте медленно поднимать доску за другой конец. Зафиксируйте, на какой высоте будет находиться конец доски, при которой брусок начнёт скользить. Проведите на бумаге черту.
5. Измерьте расстояние h_1 на бумаге от нижнего края до черты.

6. Повторите опыт три раза.

7. Проведите аналогичные опыты со вторым бруском и измерьте расстояние h_2.

8. Сделайте расчёт основания наклонной плоскости для каждого случая по формуле $d = \sqrt{l^2 - h^2}$ и коэффициента трения по формуле $\mu = \mathrm{tg}\,\alpha = \frac{h}{d}$.

9. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 5.

Таблица 5

Номер опыта	l, см	h_1, см	h_2, см	d_1, см	μ_1	$\mu_{1ср}$	d_2, см	μ_2	$\mu_{2ср}$

10. Переверните брусок на другую грань и повторите опыт. Проверьте, существенно ли различается высота подъёма конца доски, при которой брусок начинает скользить. Сделайте вывод.

Результаты измерений и вычислений

№ опыта	l, см	h_1, см	h_2, см	d_1, см	d_2, см
1	60	18	31	57,2	51,3
2	60	16	33	57,8	50,1
3	60	19	30	56,9	52,0

№ опыта	$\mu_1 = \frac{h_1}{d_1}$	$\mu_2 = \frac{h_2}{d_2}$
1	0,32	0,60
2	0,28	0,66
3	0,33	0,58
среднее	0,31	0,61

Вывод

Полученные результаты экспериментов доказывают, что коэффициент трения скольжения зависит от свойств поверхности.

Первый брусок имел более гладкую поверхность. Его коэффициент трения скольжения $(0{,}31 \pm 0{,}02)$.

У второго бруска поверхность была шероховатой. Его коэффициент трения скольжения $(0{,}61 \pm 0{,}02)$.

При переворачивании первого бруска на грань другой площади замеры $h_1 =$ 17 см. Это доказывает, что величина μ не зависит от площади соприкосновения поверхностей.

Таким образом, величина μ зависит от качества обработки соприкасающихся поверхностей: чем более шероховатые поверхности, тем больше μ.

Лабораторная работа №2 Определение модуля упругости резины

Цель работы: определить модуль упругости материала (резины) при растяжении.

Оборудование: Резиновый шнур длиной 20 -25 см, набор грузов по 0,1 кг, штатив, линейка, штангенциркуль или микрометр.

Описание работы

Если к телу массой m, лежащему на гладкой поверхности, прикрепить пружину (рис.1) и начать растягивать ее с силой F, то тело придет в движение. Приложенная сила сообщит ему ускорение $\vec{a}$ и несколько удлинит пружину – деформирует ее. Вследствие деформации пружины, в ней возникают внутренние силы, действующие между отдельными ее частями, - силы упругости, направленные в сторону, противоположную деформирующей силе $\vec{F}$. В тот момент, когда силы упругости достигнут значения $\vec{F}$, они уравновесят деформирующую силу и растяжение пружины прекратится. Сила $\vec{F}$ сообщает ускорение именно пружине, так как приложена непосредственно к ней. Тело же получает ускорение под действием силы упругости, приложенной к нему со стороны другого конца деформированной пружины.

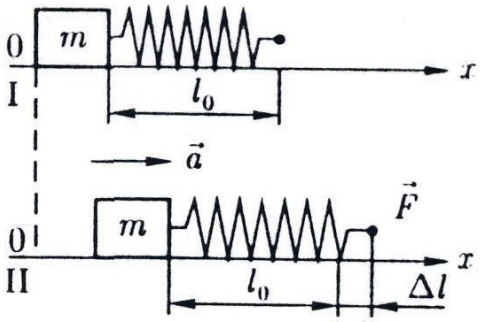


Рис. 1

Сила упругости возникает при деформации тел, т.е. при изменении взаимного расположения частиц, из которых состоит тело. Деформация тел происходит под действием внешних сил, приводящих к изменению размеров или формы тела.

Силы упругости имеют электромагнитную природу и являются результирующими огромного количества сил, возникающими между соседними частицами (атомами или молекулами) при отклонении их от своих равновесных значений.

Упругая деформация – деформация, при которой после прекращения действия внешних сил тело принимает первоначальные размеры и форму. **Пластическая деформация** – деформация, которая сохраняется в теле после прекращения действия внешних сил.

Деформации растяжения, сжатия испытывают опорные колонны зданий и мостов, сваи, цепи, на которых висят мосты, пружины, к которым подвешены грузы и т.д.;

деформацию сдвига детали при шлифовке на станке, доска, обрабатываемая рубанком и т.д.;

деформацию изгиба испытывают потолочные балки, крышка стола, мост, рельсы и т.д.;

деформацию кручения испытывают отвертка и винт, закручиваемый ею, сверла, валы двигателей и т.д.

Закон Гука

При выяснении связи между силой упругости и вызывающей ее деформацией оказалось, что сила упругости, возникающая при упругих деформациях тела, пропорциональна удлинению тела $\Delta\ell$ и направлена в сторону, противоположную смещению частиц тела при деформации:

$$\mathbf{F}_{упр} = -\,\mathbf{k}\,\mathbf{\Delta\ell}, \qquad (1)$$

где $\mathbf{\Delta\ell}$ - изменение длины тела (**абсолютное удлинение**), **k** – коэффициент пропорциональности, называемый **жесткостью тела** (пружины, стержня). Жесткость зависит от размеров тела и материала, из которого он изготовлен.

Если тело растягивается ($\Delta\ell > 0$), то упругая сила направлена в сторону, противоположную смещению частиц при растяжении ($F_{упр} < 0$). Если тело сжимается

($\Delta\ell < 0$), то упругая сила также направлена в сторону, противоположную смещению частиц при сжатии ($F_{упр} > 0$).

Закон Гука используется при расчетах мостов, подъемных кранов, балок, сооружений. Для обеспечения длительной надежности и сохранности конструкций важно, чтобы при действии сил в них происходили незначительные (упругие) деформации. Деформации являются упругими только тогда, когда они относительно малы по сравнению с первоначальной длиной тела $\boldsymbol{\ell}_0$. Поэтому на практике вместо абсолютного удлинения $\mathbf{\Delta\ell} = \boldsymbol{\ell} - \boldsymbol{\ell}_0$, используют **относительное удлинение**

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{\Delta\ell}{\ell_0} \qquad (2).$$

Опыт показывает, что абсолютное удлинение стержня определяется не деформирующей силой, а отношением этой силы к площади поперечного сечения стержня. Для характеристики этого свойства ввели физическую величину – механическое напряжение **σ:**

$$\boldsymbol{\sigma} = \frac{F_{упр}}{S} \qquad (3).$$

Разделив обе части равенства (1) на $\boldsymbol{\ell}_0$ с учетом (2) и (3) **закон Гука можно представить в виде:**

$$\boldsymbol{\varepsilon} = -\,\frac{\sigma}{E}\,,$$

где $E = \frac{kl_0}{S}$ - модуль Юнга. Или:

$$\boldsymbol{\sigma} = \mathbf{E} \cdot \boldsymbol{\varepsilon} \quad (4)$$

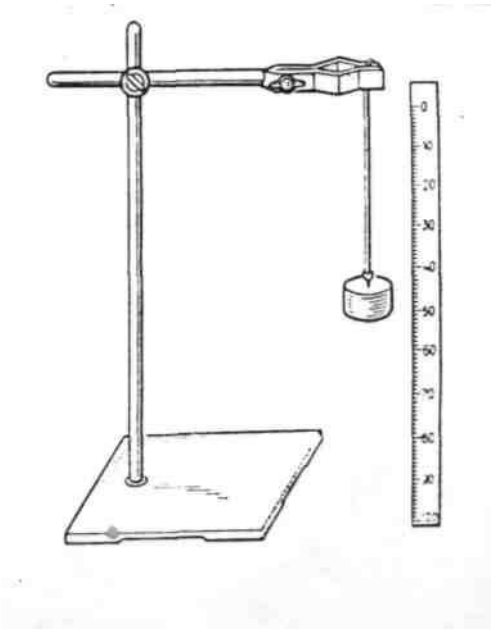
При малых деформациях напряжение прямо пропорционально относительному удлинению.

Представление закона Гука в форме (4) имеет преимущество, поскольку модуль Юнга является характеристикой только материала, из которого изготовлено тело, и не зависит от размеров и формы тела.

Свойство материала сопротивляться действию внешних сил не разрушаясь, называется его прочностью.

Напряжение, при котором материал, подвергнутый деформации, разрушается, называется пределом прочности. Предел прочности приводится в справочных таблицах.

Выполнение работы



1. Укрепите резиновый шнур в штативе.
2. Нанесите на среднем участке шнура карандашом или чернилами две тонкие метки на расстоянии приблизительно 20 см друг от друга.
3. Измерьте начальное расстояние ℓ_0 между метками.
4. Измерьте диаметр шнура между метками (не сжимая резины) и рассчитайте площадь S его поперечного сечения.

5. Подвешивая к шнуру грузы массой 0,1 кг, 0,2 кг, 0,3 кг, измерьте соответствующие абсолютные удлинения шнура $\Delta\ell_1$, $\Delta\ell_2$ $\Delta\ell_3$ ($\Delta\ell = \ell - \ell_0$) и диаметр шнура в растянутом состоянии.
6. Вычислите относительные удлинения шнура.
7. По результатам измерений вычислите модуль упругости E по формуле:

$$E = \frac{\ell_0 F}{\Delta\ell S}$$

8. Результаты измерений занесите в таблицу:

п/п	m, кг	F, Н	ℓ_0, м	$\Delta\ell$, м	d, м	S, м²	E, $\frac{Н}{м^2}$

9. Оцените точность результата:

а) абсолютная погрешность результата:

$$\Delta \mathbf{E} = |\mathbf{E}_{выч} - \mathbf{E}_{табл}|$$

б) относительная погрешность результата:

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{\Delta E}{E_{табл}} \cdot \mathbf{100\ \%}$$

в) запись окончательного результата:

$$\mathbf{E = (E_{выч} \pm \Delta E)\ \ Н/м}$$

Контрольные вопросы:

1. В каких случаях возникает сила упругости?
2. Зависит ли модуль упругости от сечения образца и его длины?
3. Как изменится сила упругости, если удлинение пружины увеличить вдвое?

4. Под действием какой силы пружина, имеющая коэффициент жесткости 1 000 Н/м, сжалась на 4 см?
5. Сила 30 Н растягивает пружину на 5 см. Какова сила, растягивающая пружину на 8 см?

Практическая работа №3 по теме: Решение задач по теме Виды сил

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

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

Сила - векторная величина. Необходимо знать точку приложения и направление каждой силы. Важно уметь определить какие именно силы действуют на тело и в каком направлении. Сила обозначается как $\vec{F}$, измеряется в Ньютонах. Для того, чтобы различать силы, их обозначают следующим образом $\vec{F}_{тр}$, $\vec{P}$, $\vec{F}_{упр}$, $\vec{N}$, $\vec{T}$, $\vec{F}_{т}$, $\vec{F}_{А}$, $\vec{F}_{Л}$ *и др.*

Ниже представлены основные силы, действующие в природе. Придумывать не существующие силы при решении задач нельзя!

Сил в природе много. Здесь рассмотрены силы, которые рассматриваются в школьном курсе физики при изучении динамики. А также упомянуты другие силы, которые будут рассмотрены в других разделах.

Сила тяжести

На каждое тело, находящееся на планете, действует гравитация Земли. Сила, с которой Земля притягивает каждое тело, определяется по формуле

$\vec{F}$ – *сила тяжести со стороны Земли* ($\vec{F}_{т}$)

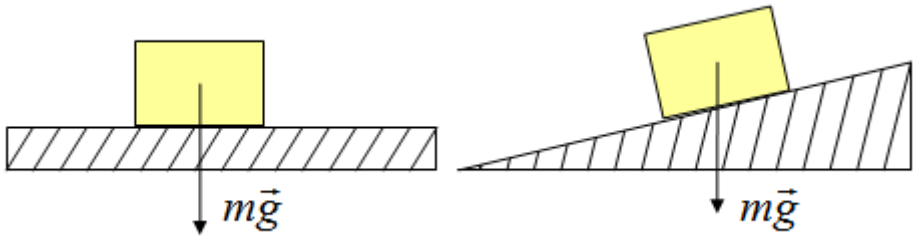
m – *масса тела*

$\vec{g}$ – *ускорение свободного падения*

$$\boxed{\vec{F} = m\vec{g}}$$

$[F] = 1Н$ $\quad [m] = 1кг$ $\quad [g] = 1\frac{м}{с^2}$

Точка приложения находится в центре тяжести тела. Сила тяжести *всегда направлена вертикально вниз*.



Сила трения

Познакомимся с силой трения. Эта сила возникает при движении тел и соприкосновении двух поверхностей. Возникает сила в результате того, что поверхности, если рассмотреть под микроскопом, не являются гладкими, как кажутся. Определяется сила трения по формуле:

$$\boxed{\vec{F} = \mu \vec{N}}$$

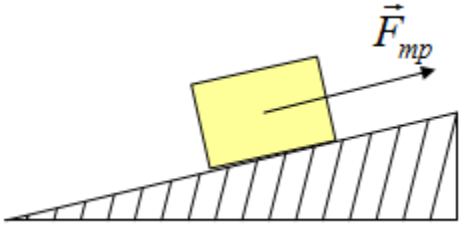
$\vec{F}$ – сила трения ($\vec{F}_{тр}$)

μ – коэффициент трения

$\vec{N}$ – сила реакции опоры

$[F] = 1H$ $[N] = 1H$ μ – безразмерная

Сила приложена в точке соприкосновения двух поверхностей. *Направлена в сторону противоположную движению.*



Так как тело представляем в виде материальной точки, силу можно изображать с центра

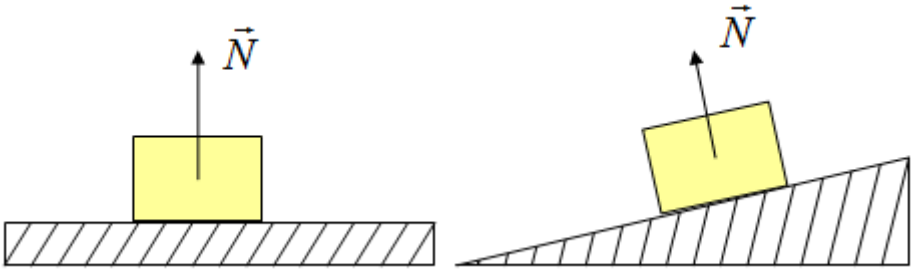
Сила реакции опоры

Представим очень тяжелый предмет, лежащий на столе. Стол прогибается под тяжестью предмета. Но согласно третьему закону Ньютона стол воздействует на предмет с точно такой же силой, что и предмет на стол. Сила направлена противоположно силе, с которой предмет давит на стол. То есть вверх. Эта сила называется реакцией опоры. Название силы "говорит" реагирует опора. Эта сила возникает всегда, когда есть воздействие на опору. Природа ее возникновения на молекулярном уровне. Предмет как бы деформировал привычное положение и связи молекул (внутри стола), они, в свою очередь, стремятся вернуться в свое первоначальное состояние, "сопротивляются".

Абсолютно любое тело, даже очень легкое (например,карандаш, лежащий на столе), на микроуровне деформирует опору. Поэтому возникает реакция опоры.

Специальной формулы для нахождения этой силы нет. Обозначают ее буквой $\vec{N}$, но эта сила просто отдельный вид силы упругости, поэтому она может быть обозначена и как $\vec{F}_{упр}$

Сила приложена в точке соприкосновения предмета с опорой. Направлена перпендикулярно опоре.



Так как тело представляем в виде материальной точки, силу можно изображать с центра

Сила упругости

Это сила возникает в результате деформации (изменения первоначального состояния вещества). Например, когда растягиваем пружину, мы увеличиваем расстояние между молекулами материала пружины. Когда сжимаем пружину - уменьшаем. Когда перекручиваем или сдвигаем. Во всех этих примерах возникает сила, которая препятствует деформации - сила упругости.

Закон Гука

$\vec{F}$ – сила упругости ($\vec{F}_{упр}$)

k – жесткость материала

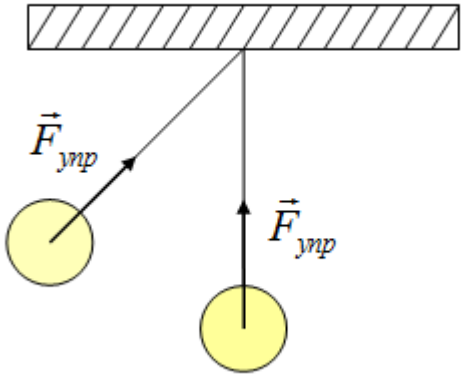
Δl (или Δx) – абсолютное удлинение (сжатие)

$\Delta l = l - l_0$ ($\Delta x = x - x_0$) – длина тела после деформации (l) минус длина тела до деформации (l_0)

$$\boxed{\vec{F} = k \cdot |\Delta l|}$$

$[F] = 1Н$ $\quad [k] = 1\frac{Н}{м}$ $\quad [\Delta l] = 1м$

Сила упругости направлена противоположно деформации.



Так как тело представляем в виде материальной точки, силу можно изображать с центра

При последовательном соединении, например, пружин жесткость рассчитывается по формуле

$$\boxed{\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \Rightarrow k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}}$$

При параллельном соединении жесткость

$$\boxed{k = k_1 + k_2}$$

Жесткость образца. Модуль Юнга.

k – жесткость

E – модуль Юнга

S – площадь поперечного сечения

l_0 – длина образца до деформации

$$\boxed{k = \frac{ES}{l_0}}$$

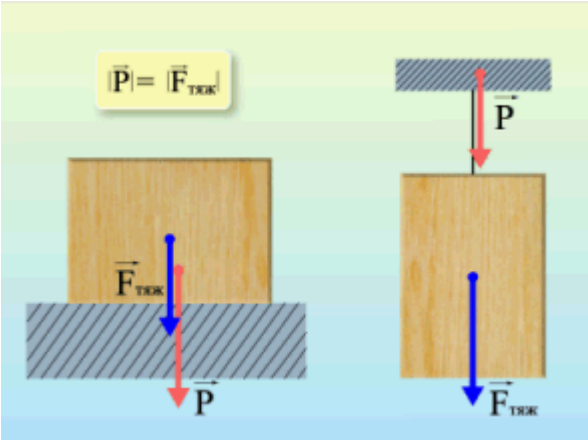
$[k] = 1\frac{Н}{м}$ $\quad [E] = 1\frac{Н}{м^2}$ $\quad [S] = 1м^2$ $\quad [l_0] = 1м$

Модуль Юнга характеризует упругие свойства вещества. Это постоянная величина, зависящая только от материала, его физического состояния. Характеризует способность материала сопротивляться деформации растяжения или сжатия. Значение модуля Юнга табличное.

Подробнее о свойствах твердых тел здесь.

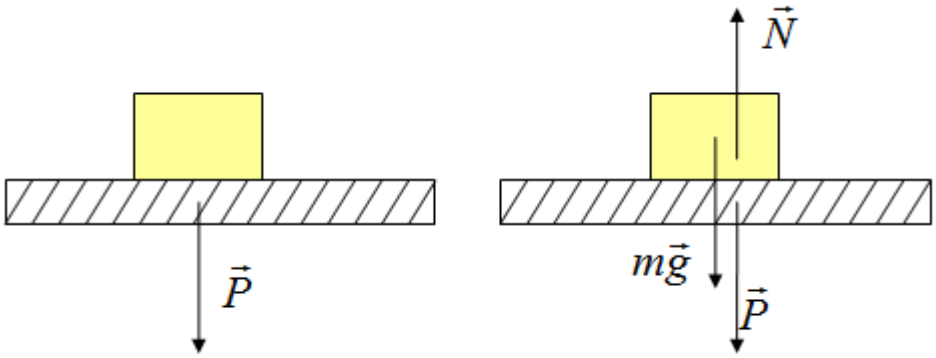
Вес тела

Вес тела - это сила, с которой предмет воздействует на опору. Вы скажете, так это же сила тяжести! Путаница происходит в следующем: действительно часто вес тела равен силе тяжести, но это силы совершенно разные. Сила тяжести - сила, которая возникает в результате взаимодействия с Землей. Вес - результат взаимодействия с опорой. Сила тяжести приложена в центре тяжести предмета, вес же - сила, которая приложена на опору (не на предмет)!



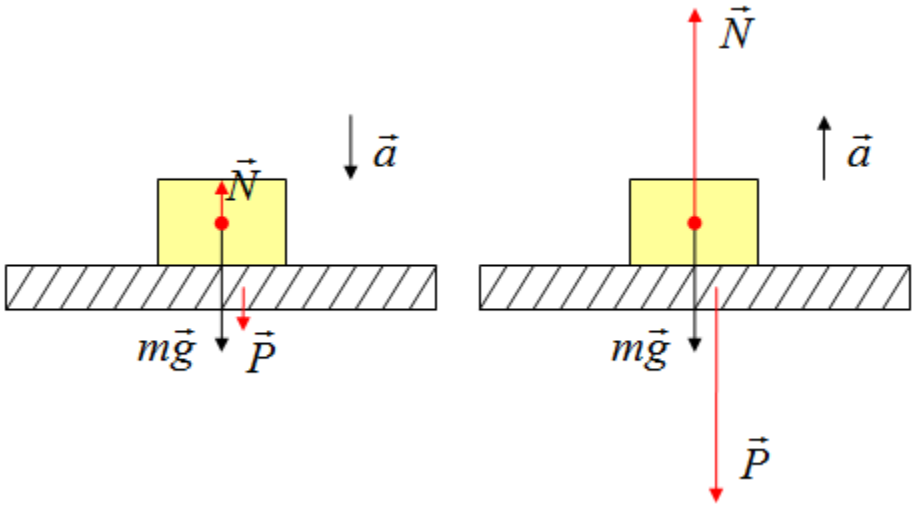
Формулы определения веса нет. Обозначается эта силы буквой $\vec{P}$.

Сила реакции опоры или сила упругости возникает в ответ на воздействие предмета на подвес или опору, поэтому вес тела всегда численно одинаков силе упругости, но имеет противоположное направление.



Сила реакции опоры и вес - силы одной природы, согласно 3 закону Ньютона они равны и противоположно направлены. Вес - это сила, которая действует на опору, а не на тело. Сила тяжести действует на тело.

Вес тела может быть не равен силе тяжести. Может быть как больше, так и меньше, а может быть и такое, что вес равен нулю. Это состояние называется невесомостью. Невесомость - состояние, когда предмет не взаимодействует с опорой, например, состояние полета: сила тяжести есть, а вес равен нулю!



Определить направление ускорения возможно, если определить, куда направлена равнодействующая сила

Обратите внимание, вес - сила, измеряется в Ньютонах. Как верно ответить на вопрос: "Сколько ты весишь"? Мы отвечаем 50 кг, называя не вес, а свою массу! В этом примере, наш вес равен силе тяжести, то есть примерно 500Н!

Перегрузка - отношение веса к силе тяжести

Сила Архимеда

Сила возникает в результате взаимодействия тела с жидкость (газом), при его погружении в жидкость (или газ). Эта сила выталкивает тело из воды (газа). Поэтому направлена вертикально вверх (выталкивает). Определяется по формуле:

$\vec{F}$ – выталкивающая сила ($\vec{F}_A$ сила Архимеда)

ρ – плотность жидкости или газа

(вещества, в котором тело находится)

$\vec{g}$ – ускорение свободного падения, $g = 9{,}8\frac{м}{с^2}$

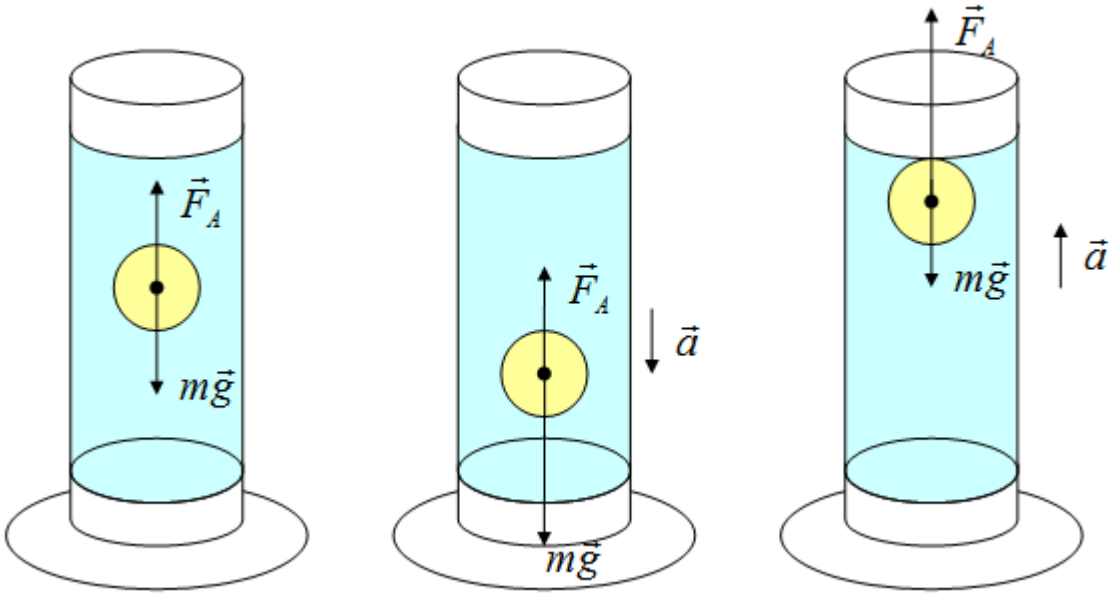
V – объем погруженной части тела

$$\boxed{\vec{F} = \rho \cdot \vec{g} \cdot V}$$

$[F] = 1Н$ $\quad [\rho] = 1\frac{кг}{м^3}$ $\quad [V] = 1м^3$

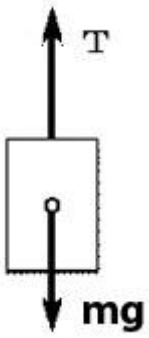
В воздухе силой Архимеда пренебрегаем.

Если сила Архимеда равна силе тяжести, тело плавает. Если сила Архимеда больше, то оно поднимается на поверхность жидкости, если меньше - тонет.



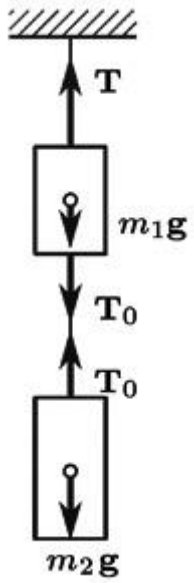
Примеры решения задач

Задача 1. Груз поднимают на веревке. С каким ускорением (a) поднимают груз, если известны сила натяжения веревки (T) и масса груза (m)?



По второму закону Ньютона: ma = T - mg.

Задача 2 К потолку движущегося лифта на нити подвешен груз массой m1. К этому грузу привязана другая нить, на которой подвешен груз массой m2. Сила натяжения нити между грузами To. Найти силу натяжения T верхней нити.



Из условий задачи: ускорение груза равно ускорению лифта. Уравнения движения для каждого груза:

$$m_1a = T - T_0 - m_1g$$

$$m_2a = T_0 - m_2g$$

Решаем систему уравнений, тогда:

$$T = (m_1 + m_2)T_0/m_2$$

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

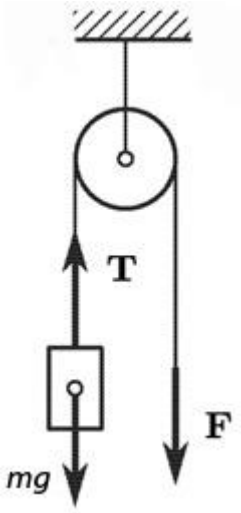
1. Какая горизонтальная сила F нужна, чтобы лежащий на горизонтальной поверхности груз массой m начал скользить с ускорением a?

2.Тело массой m движется по горизонтальной поверхности под действием силы F, направленной под углом к горизонту. Найти ускорение тела. При какой силе Fo движение будет равномерным?

3. Два тела массами m1 и m2 связаны невесомой и нерастяжимой нитью и лежат на гладкой горизонтальной поверхности. С какой силой F можно тянуть первое тело, чтобы нить, способная выдержать силу натяжения Tmax, не оборвалась? Что изменится, если силу приложить ко второму телу?

4. На брусок массой m1 поставлена гиря массой m2. С помощью нити, перекинутой через блок, брусок с гирей скользит с постоянной скоростью по столу. На нити подвешена чашка массой m3 с гирей m4. Найти коэффициент трения k между бруском и столом.

5. К одному концу нити, перекинутой через блок, подвешен груз массой m. С какой силой F нужно тянуть вниз за другой конец веревки, чтобы груз поднимался с ускорением a?



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: Закон всемирного тяготения

Цель: Закрепить знания по теме «Закон всемирного тяготения», 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

Закон всемирного тяготения – фундаментальный закон природы, согласно которому все предметы притягиваются между собой. Это проявление гравитационного взаимодействия.

$$F = G\frac{M_1 M_2}{r^2}$$

Гравитационная постоянная G является одинаковой для всех тел в природе и в любой точке Вселенной. Ее значение:

$$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ м^3 / кг \cdot с^2$$

Ускорение свободного падения g в пределах Земли варьируется в зависимости от координат и высоты подъема тела над поверхностью. На других планетах значение g будет совершенно иным, так как оно зависит от массы и размеров небесного тела.

Первая космическая скорость – скорость, с которой спутник должен двигаться вокруг Земли или другого космического объекта, чтобы оставаться на орбите и не падать. Для Земли значение первой космической скорости равно 7,91 км/с.

Вторая космическая скорость – скорость, необходимая для того, чтобы покинуть орбиту небесного тела. Значение: 11,2 км/с.

Гравитационная неустойчивость – флуктуации (возмущения, небольшие отклонения) плотности и скорости вещества в пространстве под действием сил тяготения. Гравитационная неустойчивость является причиной возникновения галактик, звезд и звездных скоплений.

Примеры решения задач

1. Задача 1: Найти силу притяжения между двумя телами.

Допустим, есть два тела с массами 10 кг и 20 кг, находящиеся на расстоянии 2 метра друг от друга. Подставляем значения в формулу:

$F = G * (m1 * m2) / r^2 = (6.674 \times 10^{-11}) * (10 * 20) / (2^2) = 3.337 \times 10^{-10}$ Н.

2. Задача 2: Определить, как изменится сила притяжения при изменении расстояния.

Если расстояние между телами увеличится до 4 метров, то:

$F = G * (m1 * m2) / r^2 = (6.674 \times 10^{-11}) * (10 * 20) / (4^2) = 8.335 \times 10^{-11}$ Н.

Сила уменьшилась в 4 раза, что демонстрирует обратно пропорциональную зависимость.

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

Задача 1. С какой силой (мкН) притягиваются два вагона массой по 80 т каждый, если расстояние между ними 1000 м?

Задача 2. Два одинаковых шарика находятся на расстоянии 0,1 м друг от друга и притягиваются с силой . Какова масса (кг) каждого шарика?

Задача 3. На каком расстоянии (м) сила притяжения между двумя телами массой по 1000 кг каждое будет равна Н?

Задача 4. Определите ускорение свободного (м/с2) падения на высоте, равной радиусу Земли.

Задача 5. Два одинаковых шара радиусом 1 м и постоянной плотностью соприкасаются поверхностями. Во сколько раз уменьшится модуль силы гравитационного притяжения между шарами, если один из шаров сдвинуть на 1м вдоль линии, соединяющей центры шаров?

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 №5 по теме: Решение задач по теме Закон сохранения импульса

Цель: Закрепить знания по теме «Закон сохранения импульса», 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

Импульс тела — это произведение массы тела на его скорость:

$p=mv$

p=mv . Закон сохранения импульса утверждает, что сумма импульсов всех тел в замкнутой системе остаётся постоянной, если внешние силы отсутствуют или компенсируются.

Пример: столкновение шаров в биллиарде, реактивное движение ракеты

В физике и правда ничего не исчезает и не появляется из ниоткуда. Импульс — не исключение. В замкнутой изолированной системе (это та, в которой тела взаимодействуют только друг с другом) закон сохранения импульса звучит так:

Возьмем замкнутую систему из двух взаимодействующих тел. Силы −→F1F1→ и −→F2F2→ - это силы взаимодействия между телами. Третий закон Ньютона гласит, что −→F2=−−→F1F2→=-F1→. Пусть тела взаимодействуют во течение времени tt. Тогда импульсы сил одинаковы по модулю и противоположны по направлению, как и сами силы.

−→F2t=−−→F1tF2t→=-F1→t.

По второму закону Ньютона:

−→F1t=m1−→v1′−m1→v1; −→F2t=m1−→v2′−m1→v2F1→t=m1v1'→-m1v1→; F2→t=m1v2'→-m1v2→

Здесь −→v1′v1'→ и −→v2′v2'→ - скорости тел в конце взаимодействия. Соответственно, скорости без штрихов обозначают эти величины в начальный момент взаимодействия.

Из записанного выше следует соотношение:

m1→v1+m2→v2=m1−→v1′+m2−→v2′m1v1→+m2v2→=m1v1'→+m2v2'→

Это равенство - математическая форма записи закона сохранения импульса. Оно означает, что суммарный импульс системы в результате какого-то взаимодействия не изменился.

Примеры решения задач

1. Определите массу автомобиля, имеющего импульс 2,5•104 кг•м/с и движущегося со скоростью 90 км/ч.

Дано: $p = 2,5 \cdot 10^4$ кгм/с $v = 90$ км/ч	СИ 25 м/с	$p = mv$ $m = \frac{p}{v}$ $m = \frac{2,5 \cdot 10^4}{25} = 0,1 \cdot 10^4$ (кг) $= 1$ (т)
$m - ?$		*Ответ:* 1 т

2. Тележка массой 40 кг движется со скоростью 4 м/с навстречу тележке массой 60 кг, движущейся со скоростью 2 м/с. После неупругого соударения тележки движутся вместе. В какомнаправлении и с какой скоростью будут двигаться тележки?

Дано:

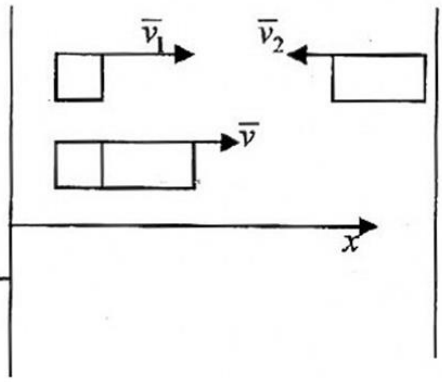
$m_1 = 40$ кг

$m_2 = 60$ кг

$v_1 = 4$ м/с

$v_2 = 2$ м/с

$v - ?$



Решение:

$m_1\overline{v}_1 + m_2\overline{v}_2 = (m_1 + m_2)\overline{v}$

OX: $m_1v_1 - m_2v_2 = (m_1 + m_2)v$

$$v = \frac{m_1v_1 - m_2v_2}{m_1 + m_2} = \frac{40 \cdot 4 - 60 \cdot 2}{40 + 60} = 0,4 \text{ (м/с)}$$

Ответ: 0,4 м/с

В сторону движения первой тележки.

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

1. Небольшой автомобиль движется со скоростью 60 км/ч, его импульс равен 1,5*10^4 кг*м/с. Какова масса автомобиля?

2. Дрезина массой 400 кг движется со скоростью 4 м/с, а навстречу ей со скоростью 2 м/с едет дрезина массой 60 кг. После неупругого соударения дрезины движутся вместе. В каком направлении и с какой скоростью будут двигаться дрезины?

3. Тело массой m=1 кг упало с высоты H=19,6 м. Определить изменение импульса тела за последнюю секунду движения и импульс тела на высоте h=4,9 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 №6 по теме: Решение задач по теме Работа и мощность

Цель: Закрепить знания по теме «Работа и мощность», 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

Механическая работа – это работа какой-нибудь силой над телом, в результате действия которой тело перемещается.

Работа совершается, если соблюдаются условия:

– на тело действует сила;

– оно перемещается в направлении действия силы.

$$A = Fs \cos \alpha$$

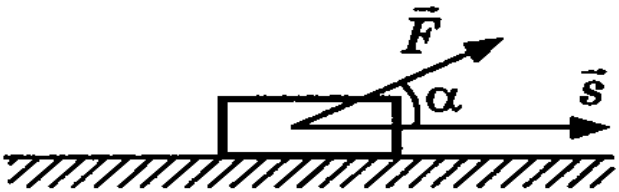
,где:

A (Дж) – механическая работа;

F(Н) – модуль приложенной силы;

S(м) – перемещение (путь, пройденный под действием силы);

а – угол между направлением силы и перемещением.

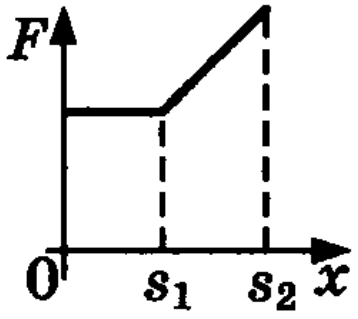


Единица измерения работы – джоуль:

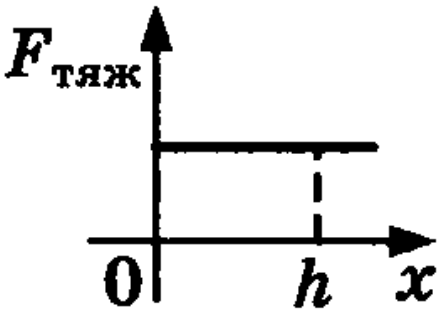
1 Дж= 1Н *1м.

Геометрический смысл работы:

Механическая работа численно равна площади фигуры под графиком в осях (F,x):

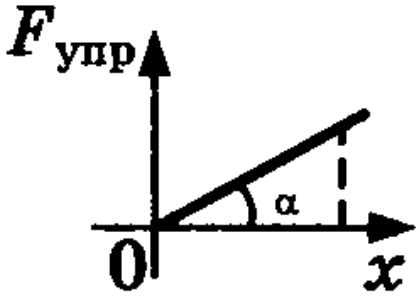


$$A = S_{фиг}$$



$$A = S_{прям}$$

$$A = mgh$$



$$A = S_{треуг.}$$

$$A = \frac{kx^2}{2}$$

Если тело может совершить работу, то оно обладает механической энергией Е (Дж).

Виды механической энергии:

–кинетическая;

–потенциальная.

Кинетическая энергия – это энергия движущихся тел.

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$,где:

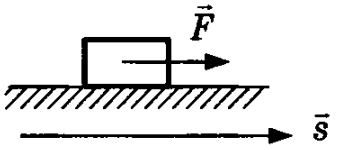
v – модуль мгновенной скорости (м/с).

Потенциальная энергия – энергия взаимодействующих тел.

$$E_p = mgh$$,где:

h – высота, определяемая от нулевого уровня (или от нижней точки траектории).

Работа и изменение кинетической энергии (теорема о кинетической энергии). ***Вывод формулы*** **из определения механической работы:**



$$A = Fs\cos\alpha\ ;\ \alpha = 0°\ ;\ \cos\alpha = 1$$

$$F = ma\ ;\ s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}.$$

$$A = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \Delta E_k.$$

Примеры решения задач

Задача 1. Ястреб, масса которого 0,4 кг, воздушным потоком поднят на высоту 70 м. Определите работу силы, поднявшей птицу.

Дано: Си: Решение:

m = 0,4 кг 1) A = F·s

h = 70 м Здесь A – работа (что требуется найти в задаче);

g = 10 Н/кг F – сила, поднявшая птицу;

A = ? s – путь, на котором действует сила (в данной задаче это высота, на которую поднимается ястреб (h)).

2) Чтобы найти силу, поднявшую птицу учтем, что эта сила по величине равна силе тяжести:

$F_{тяж}$ = mg = 0,4 кг·10 Н/кг = 4Н

3) Воспользуемся формулой из пункта 1), для нахождения работы:

A = $F_{тяж}$·h = 4Н·70м = 280 Дж

Ответ: A = 280 Дж.

Задача2. Какая работа совершается при подъеме мраморной плиты объемом 2 $м^3$ на высоту 12 м.

Дано: Си: Решение:

$V = 2\ м^3$

$h = 12$ м

$g = 10$ Н/кг

$\rho = 2700\ кг/м^3$

(плотность мрамора)

A = ?

1) $A = F \cdot s$

Здесь A – работа (что требуется найти в задаче);

F – сила, поднимающая плиту;

s – путь, на котором действует сила (в данной задаче это высота, на которую поднимают плиту (h)).

2) Чтобы найти силу, поднявшую плиту, что эта сила по величине равна силе тяжести:

$F_{тяж} = mg$

3) Чтобы найти массу плиты, учтем, что она сделана из мрамора и нам известен ее объем. Вспомним формулу для плотности тела , и выразим из нее массу:

$m = \rho \cdot V = 2700\ кг/м^3 \cdot 2\ м^3 = 5400$ кг.

4)Найдем силу тяжести (см. пункт 2)):

$F_{тяж} = mg = 5400\ кг \cdot 10\ Н/кг = 54000$ Н

5) Воспользуемся формулой из пункта 1), для нахождения работы:

$A = F_{тяж} \cdot h = 54000\ Н \cdot 12м = 648000$ Дж = 648 кДж

Ответ: A = 648 кДж.

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

1. Человек массой 60 кг пробегает лестницу высотой 10 м за 15 с. Какую среднюю мощность развивает человек в этом случае?

2. Поезд массой 250 т равномерно поднимается со скоростью 30 км/ч по уклону 10 м на 1 км пути. Коэффициент трения 0,002. Определить мощность, развиваемую локомотивом поезда.

3. Мощность двигателя танка 368 кВт. С какой максимальной скоростью может равно мерно подниматься танк в гору с уклоном 30°? Масса танка 15 т.

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 №7 по теме: Решение задач по теме «Закон сохранения энергии»

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

Порядок выполнения работы:

7. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
8. Рассмотреть примеры решения задач
9. Получить и выполнить индивидуальные задания

Теоретическая часть.

Закон сохранения энергии - фундаментальный закон природы, установленный эмпирически и заключающийся в том, что для замкнутой физической системы может быть введена скалярная физическая величина, являющаяся функцией параметров системы и называемая энергией, которая сохраняется с течением времени.

$E=E_p+E_k=const$

Ep — потенциальная энергия;

Ek — кинетическая энергия.

Примеры решения задач.

Задача 1

Некое тело подбросили вверх вертикально с начальной скоростью 15 м/с. На какую высоту оно поднимется? Сопротивление воздуха при решении задачи не учитывать.

Решение: полученная при броске кинетическая энергия будет постепенно преобразовываться в потенциальную энергию:

$E_p=E_kEp=Ek$

$mgh=mV_22mgh=mV22$

Где:

m – масса тела;

V – начальная скорость;

g – ускорение свободного падения;

h – высота подъема.

После преобразований получаем формулу для высоты подъема:

$h=V_2 2g=2252\times 9,8=11,47$м

Задача 2

Пружину растянули на 15 см. Известно, что она получила потенциальную энергию 24 Дж. Какова жесткость пружины?

Решение: формула потенциальной энергии упруго деформированного тела:

$E_p=kx_2 2Ep=kx22$

Где:

k – коэффициент жесткости;

x – величина деформации.

Преобразуем формулу для расчета:

$k=2E_p x_2=2\times 24225=213,33$Н/м$k=2Epx2=2\times 24225=213,33$Н/м

Ответ: жесткость пружины равна 2133,33 Н/м.

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

1. Какой скоростью будет обладать тело массой m = 1 кг, при вылете из пружинного ружья, если жесткость пружины k = 100 Н/ м, а пружины сжата на x= 10 см? Ответ дайте в м/с.

2. На какую высоту поднимется тело массой m = 0,50 кг при выстреле из вертикального пружинного ружья, если жесткость пружины k = 250 Н/м, а сама пружина сжата на x =25 см. Ответ дайте в м.

3. Из пружинного ружья выстрелили вертикально вверх пулей массой m = 100 г, при этом на высоте h= 10 м скорость пули составила v = 10 м/с. Найдите сжатие пружины, если ее жесткость k =3000 Н/м. Ответ дайте в метрах.

4. У основания гладкой наклонной плоскости шайба массой 10 г обладает кинетической энергией 0,04 Дж. Определите максимальную высоту, на которую шайба может подняться по плоскости относительно основания. Сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ дайте в метрах.

5. Максимальная высота, на которую шайба массой 40 г может подняться по гладкой наклонной плоскости относительно начального положения, равна 0,2 м. Определите кинетическую энергию шайбы в начальном положении. Сопротивлением воздуха пренебречь.

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 №8 по теме: Механические колебания.

Цель: Закрепить знания по теме 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 nполных колебаний то $T = \frac{t}{n}$, а $\frac{1}{T} = \frac{n}{t} = \nu$ и называется частотой колебаний. Число колебаний за 2π единиц времени называется циклической (круговой) частотой и обозначается ω: $\omega = 2\pi\nu$.

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),φ_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.

Период колебания определяется уравнением: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.

Волной называют процесс распространения колебаний в пространстве. Волны характеризуются длиной волны и скоростью распространения $\upsilon = \frac{\lambda}{T}$ где υ – скорость волны (м/с),

λ – 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:

$k = 0{,}5$ кН/м = 500 Н/м,
$x = 6$ см = 0,06 м,
$v = 3$ 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 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

$$(F_у)_x = -kx.$$

Для модуля силы упругости в положении равновесия выполняется равенство

$$F_у = kx_0 = mg,$$

следовательно,

$$k = \frac{mg}{x_0}$$

Подставляем полученное выражение в формулу для вычисления периода колебаний:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{mx_0}{mg}} = 2\pi\sqrt{\frac{x_0}{g}};\ T \approx 2 \cdot 3{,}14\sqrt{\frac{10^{-2}\ м}{9{,}8\ м/с^2}} \approx 0{,}2\ с$$

Пример 3. Напишите уравнение гармонических колебаний, если амплитуда равна 7 см и за 2 мин совершается 240 колебаний. Начальная фаза колебаний равна π /2 рад.

Решение:

$x_м = 0{,}07$ м $\tau = 120$ с $n = 240$ $\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$ рад x — ?	$x = x_м \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$ $T = \frac{\tau}{n}$ $x = x_м \cos\left(\frac{2\pi n}{\tau} t + \varphi_0\right)$	$x = 0{,}07 \cos\left(\frac{2\pi \cdot 240}{120} t + \frac{\pi}{2}\right),$ $x = 0{,}07 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{2}\right).$

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

Вариант 1

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 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.

Вариант 2

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.

Лабораторная работа №3 Определение ускорения свободного падения при помощи маятника

Цель работы: определить ускорение свободного падения при помощи маятника..

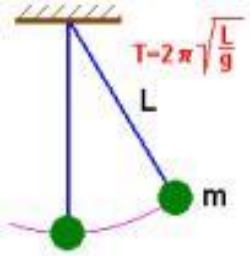
Оборудование: Резиновый шнур длиной 20 -25 см, набор грузов по 0,1 кг, штатив, линейка, штангенциркуль или микрометр.

- Часы с секундной стрелкой
- Измерительная лента с погрешностью =0,5 Δм
- Шарик с отверстием
- Нить
- Штатив с муфтой и кольцом

Теоретическая часть:

Для измерения ускорения свободного падения применяются разнообразные гравиметры, в частности маятниковые приборы. С их помощью удается измерить ускорение свободного падения с абсолютной погрешностью порядка 10^{-5} м/с^2.
В работе используется простейший маятниковый прибор – шарик на нити. При малых размерах шарика по сравнению с длиной нити и небольших отклонениях от положения равновесия период колебания равен

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



Для увеличения точности измерения периода нужно измерить не большого числа N полных колебаний маятника. Тогда период

$$T=t/N$$

И ускорение свободного падения может быть вычислено по формуле

$$g = \frac{4\pi^2 l \cdot N^2}{t^2}$$

Проведение эксперимента:

- Установить на краю стола штатив.
- У его верхнего конца укрепить с помощью муфты кольцо и повесить к нему шарик на нити. Шарик должен висеть на расстоянии 1-2 см от пола.
- Измерить лентой длину l маятника.

- Возбудить колебания маятника, отклонив шарик в сторону на 5-8 см и отпустив его.
- Измерить в нескольких экспериментах время t 50 колебаний маятника и вычислить $t_{ср}$:

$$t_{СР} = \frac{t_1 + t_2 + \ldots + t_n}{n}$$

- Вычислить среднюю абсолютную погрешность измерения времени и результаты занести в таблицу.

$$\Delta t_{СР} = \frac{|t_1 - t_{СР}| + |t_2 - t_{СР}| + \ldots + |t_n - t_{СР}|}{n}$$

№	t, с	$t_{СР}$, с	Δt, с	$\Delta t_{СР}$, с	l, м
1	59	60	1	1	0,56
2	60		0		
3	60		0		
4	61		1		
5	58		2		
6	62		2		

- Вычислить ускорение свободного падения по формуле

$$g_{СР} = 4\pi^2 \frac{l \cdot N}{t_{СР}^2} = 4\pi^2 \frac{0{,}56м \cdot 40^2}{60^2 с^2} \approx 9{,}83 м/с^2.$$

- Определить относительную погрешность измерения времени . ε_t

$$\varepsilon_t = \frac{\Delta t}{t} = \frac{1с}{60с} \approx 0{,}017.$$

- Определить относительную погрешность измерения длины маятника

$$\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l}$$

Где $\Delta l = \Delta l_Л + \Delta l_{ОТС}$

$$\varepsilon_l = \frac{\Delta l_Л + \Delta l_{ОТС}}{l} = \frac{0{,}05м + 0{,}05м}{0{,}56м} \approx 0{,}18$$

- Вычислить относительную погрешность измерения g по формуле

$$\varepsilon_g = \varepsilon_l + 2\varepsilon_x + 2\varepsilon_t$$

$$\varepsilon_g = \varepsilon_l + 2\varepsilon_t = 0{,}18 + 2\ 0{,}017 \approx 0{,}2.$$

- Определить $\Delta g = g_{CP} \cdot \varepsilon_g$ ıписать результат измерения.

$$\Delta g = g_{CP} \cdot \varepsilon_g \approx 1{,}97 м/с^2.$$

Таким образом: $9{,}83 м/с^2 - 1{,}97 м/с^2 \le g \le 9{,}83 м/с^2 + 1{,}97 м/с^2$.

Выводы. Получается, что ускорение свободного падения, измеренное при помощи маятника, приблизительно равно табличному ускорению свободного падения (g=9,81 м/с^2) при длине нити 1 метр.

Контрольные вопросы:

1. Можно ли считать, что кинетическая энергия пули в случае неупругого удара полностью переходит в потенциальную энергию маятника?
2. Почему можно систему "маятник-пуля" рассматривать как замкнутую?
3. На каких законах основан динамический метод определения скорости пули?
4. Какой удар называется абсолютно неупругим?
5. От чего зависит убыль кинетической энергии системы в результате неупругого удара?

Практическая работа №9 Решение задач по теме Механические волны

Цель: систематизировать знания по теме «Механические волны», научиться применять систему знаний на расчет величин,; 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

Для того чтобы возникала волна, необходимо наличие колеблющегося тела — источника волны. Источник волны осуществляет колебательное движение, тем самым деформируя ближайшие к нему слои среды (сжимает, растягивает, смещает).

В результате возникает сила упругости, которая действует на соседние слои среды и заставляет их совершать вынужденные колебания. Эти слои деформируют следующие слои и так далее, пока все слои не будут вовлечены в колебательное движения. Таким образом возникает механическая волна.

Необходимым условием возникновения волн является наличие у среды упругих свойств.

Виды волн по отношению к направлению колебаний частиц среды:

Продольные — это волны, в которых частицы среды колеблются вдоль направления распространения волны.

Поперечные — это волны, в которых частицы среды колеблются перпендикулярно направления распространения волны.

В жидкой и газообразной средах возникают только продольные волны.

В твердой среде возникают как продольные волны, так и поперечные.

Характеристики механических волн

Основные определения, обозначения, единицы измерения:

Длина волны — это расстояние между двумя ближайшими точками, которые колеблются в одинаковых фазах. Обозначается λ, измеряется в метрах(м).

Период — это время, за которое совершается одно полное колебание. Обозначается T, измеряется в секундах (с).

Амплитуда — это максимальное смещение колеблющейся точки от равновесного положения. Обозначается A, измеряется в метрах (м).

Скорость — это скорость, с которой распространяется волна. Обозначается V, измеряется в метрах, деленных на секунду (м/с).

Частота — это количество полных колебаний за единицу времени. Обозначается ν, измеряется в герцах (Гц).

Условия появления и существования:

Колебательное движение передается не мгновенно, а с опозданием. Поэтому скорость распространения волны конечна.

Источник механических волн — это колеблющееся тело. При распространении волны колебания частиц среды — вынужденные, поэтому частота колебаний каждой части среды такая же, как и частота колебаний источника волны.

Механические волны не распространяются в вакууме.

Волновое движение не сопровождается переносом вещества.

При распространении волны происходит перенос энергии.

Важнейшее свойство волны — перенос энергии без переноса вещества.

Все параметры волны связаны между собой и выражаются через следующие уравнения:

Период:

$T=t/N$ или $T=1/v$, где

t — время распространения,

N — количество колебаний,

T — период,

v — частота.

Частота:

$v=N/t$ или $v=1/T$

Скорость:

$V=\lambda/T$ или $V=\lambda v$, где

λ — длина волны,

V — скорость волны.

Длина волны:

λ=VT или λ=V/ν.

Пример решения задачи.

Вычислите массу груза подвешенного на пружине жесткостью 250 Н/м, если он совершает 20 колебаний за 16 с.

Анализ условия. Количественная сторона задачи - дано время 16с и число колебаний 20. Коэффициент жесткости пружины 250 Н\м. Вычислить массу груза. Качественная сторона задачи – пружинный маятник совершает колебания.

Алгоритм решения:

- Пружинный маятник совершает колебания с определенной частотой и периодом
- Зная период колебания пружинного маятника (Формулу Томсона) можно выразить массу груза.

Дано:	Решение:
K = 250 Н/м t=16с N=20 Н а й т и: m-?	1. ν =N/t, T=1/ν 2. Формула Томсона $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ 3. Приравняем $\frac{1}{\nu}=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ 4. Чтобы избавиться от корня возведем левые и правые части в квадрат $\left(\frac{1}{\nu}\right)^2=4\pi^2\frac{m}{k}$ 5. Выразим из формулы массу груза $m=1*k/\nu^2 4\pi^2$ 6. Подставляет числа и считаем ν=N/t=20/16=1,25Гц, m=1·250/1,25^2 4·3,14^2 =250/1,56·4·9,86=5кг Ответ: 5 кг

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

Вариант 1

1. Рассчитайте период колебаний иглы, если вал электрической швейной машины вращается с частотой 920 об./мин. За один оборот вала игла совершает одно вынужденное колебание.

2.Игла швейной машинки совершает гармонические колебания по закону X= 20 sin πt . Определите амплитуду, период колебания и частоту.

3.Вычислите частоту свободных колебаний тела на пружине, если тело массой 200 г. совершает колебания на пружине , жесткость которой 2 кН/м.

4.Вычислите длину ультразвукового генератора в алюминии, если частота ультразвука равна 3 М Гц, а скорость в алюминии 5,1 10^3 м/с

Вариант 2

1. Вычислите частоту колебания иглы швейной машинки, совершавшей 30 полных колебаний за 60 с.

2.Игла швейной машинки совершает гармонические колебания по закону X= 100 sin 2πt . Определите амплитуду, период колебания и частоту.

3.Вычислите период свободных колебаний тела на пружине, если тело массой 500 г. совершает колебания на пружине , жесткость которой 5 кН/м.

4.Вычислите длину инфразвука в воздухе, если скорость звука в воздухе равна 340 м/с

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 №10 Решение задач по теме Основы МКТ

Цель: Закрепить знания по теме, сформировать умения и навыки нахождения физической величины, её вывода из формулы.

Порядок выполнения работы:

10. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
11. Рассмотреть примеры решения задач
12. Получить и выполнить индивидуальные задания

Теоретическая часть.

Идеальный газ – *это газ, взаимодействие между молекулами которого пренебрежимо мало. (Ек>>Ер)*

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 $м^3$.

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

p = F/S Единица давления в СИ *паскаль* [Па]

До настоящего времени употребляются внесистемные единицы давления:

техническая атмосфера 1 ат = 9,81-104 Па;

физическая атмосфера 1 атм = 1,013-105 Па;

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

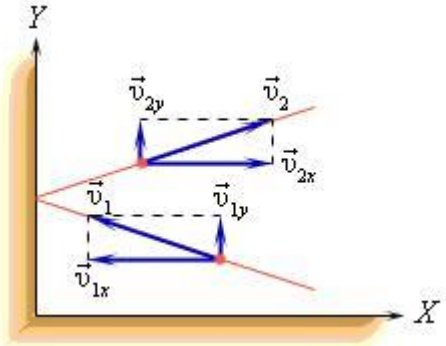
1 атм = = 760 мм рт. ст. = 1013 гПа.

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 υ_x скорости молекулы, перпендикулярная стенке, изменяет свой знак на противоположный, а проекция υ_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 $E = m_0 * v^2/2$, 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 ρ – 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 ν. 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

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

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, ν – 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 Е находится 1 моль газа, объем которого V. Если нагреть газ изобарно (при постоянном давлении) на 1 К, то поршень поднимется на высоту Δh, а обьем газа увеличится на ΔV.

Запишем уравнение pV=RT для нагретого газа: p (V + ΔV) = R (T + 1)

и вычтем из этого равенства уравнение pV=RT , соответствующее состоянию газа до нагревания. Получим pΔV = R

ΔV = SΔh, где S – площадь основания цилиндра. Подставим в полученное уравнение:

pSΔh = R

pS = F – сила давления.

Получим FΔh = R, а произведение силы на перемещение поршня FΔh = 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.

Примеры решения задач.

Пример 1. Баллон с газом, давление которого p_1 = 2,84 МПа, находился в неотапливаемом помещении, где температура воздуха t_1 = 7 °С. После того как некоторое количество газа было израсходовано, баллон внесли в помещение, где температура воздуха t_2 = 27 °С. Определите, какая часть газа была израсходована, если после длительного пребывания баллона в отапливаемом помещении давление газа в нём стало p_2 = 1,52 МПа.

Дано:

p_1 = 2,84 МПа = 2,84 · 10^6 Па

T_1 = 280 К, T_2 = 300 К

p_2 = 1,52 МПа = 1,52 · 10^6 Па

$$\frac{m_1 - m_2}{m_1} \text{ — ?}$$

Решение: Если пренебречь тепловым расширением баллона, то его вместимость не изменяется. Запишем уравнение Клапейрона–Менделеева для начального и конечного состояний газа, считая его идеальным:

$$p_1 V = \frac{m_1}{M} RT_1, \quad p_2 V = \frac{m_2}{M} RT_2,$$

откуда

$$m_1 = \frac{p_1 VM}{RT_1}, \quad m_2 = \frac{p_2 VM}{RT_2}.$$

Тогда

$$\frac{m_1 - m_2}{m_1} = \frac{\frac{VM}{R}\left(\frac{p_1}{T_1} - \frac{p_2}{T_2}\right)}{\frac{VMp_1}{RT_1}} = 1 - \frac{p_2 T_1}{p_1 T_2}.$$

$$\frac{m_1 - m_2}{m_1} = 1 - \frac{1{,}52 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot 280 \text{ К}}{2{,}84 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot 300 \text{ К}} = 0{,}50.$$

Ответ: $\frac{m_1 - m_2}{m_1} = 0{,}50$.

Пример 2. Определите плотность газовой смеси, состоящей из водорода массой m_1 = 8,0 г и кислорода массой m_2 = 40 г, если давление и температура смеси $p = 1{,}27 \cdot 10^5$ Па и t = 7 °С соответственно.

Дано:

m_1 = 8,0 г = $8{,}0 \cdot 10^{-3}$ кг

m_2 = 40 г = $4{,}0 \cdot 10^{-2}$ кг

$p = 1{,}27 \cdot 10^5$ Па

T = 280 К

ρ — ?

Решение: Плотность газовой смеси

$$\rho = \frac{m}{V}$$

где $m = m_1 + m_2$ — масса смеси, V — объём смеси. Поскольку водород и кислород при низких температурах химически не реагируют, то можно воспользоваться законом Дальтона: $p = p_1 + p_2$, где p_1 и p_2 — парциальные давления водорода и кислорода соответственно.

Их можно определить, воспользовавшись уравнением Клапейрона–Менделеева:

$$p_1 = \frac{m_1 RT}{M_1 V} \text{ и } p_2 = \frac{m_2 RT}{M_2 V},$$

где $M_1 = 2{,}0 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ и $M_2 = 3{,}2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ — молярные массы водорода и кислорода соответственно. Тогда давление смеси

$$p = \frac{RT}{V}\left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}\right), \text{ а её объём } V = \frac{RT}{p}\left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}\right).$$

Подставив значения массы m смеси и её объёма V в формулу (1), получим:

$$\rho = \frac{(m_1 + m_2)p}{RT\left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}\right)}.$$

$$\rho = \frac{(8{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{кг} + 4{,}0 \cdot 10^{-2}\ \text{кг}) \cdot 1{,}27 \cdot 10^5\ \text{Па}}{8{,}31\ \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 280\ \text{К}\left(\frac{8{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{кг}}{2{,}0 \cdot 10^{-3}\ \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} + \frac{4{,}0 \cdot 10^{-2}\ \text{кг}}{3{,}2 \cdot 10^{-2}\ \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}\right)} = 0{,}50\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Ответ: $\rho = 0{,}50\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

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 ºС займёт объём 785 л?

2. Найти объём водорода массой 1 кг при температуре 27 ºС 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 ºС.

Вариант 2

1. Газ занимал объем 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 ºС.
3. Газ, при давлении 850 кПа и температуре 293 К занимает объём 830 л. Каким будет давление, если тот же газ при температуре 53 ºС займёт объём 750 л?
4. Найти объём водорода массой 1 кг при температуре 27 ºС 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 ºС.
3. Газ занимал объем 15 л. Его охладили на 35 К, и объём его стал равен 13,5 л. Какова была первоначальная температура газа?
4. Найти давление водяного пара в баллоне ёмкостью 10 л при температуре 60 ºС.
5. Газ, при давлении 750 кПа и температуре 293 К занимает объём 836 л. Каким будет давление, если тот же газ при температуре 53 ºС займёт объём 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 №11 Решение задач

Цель: Закрепить знания по теме «Основы МКТ и термодинамики», 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.

Примеры решения задач.

Задача №1. Средняя квадратичная скорость молекул и температура

Условие

При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул кислорода больше их наиболее вероятной скорости на 100 м/с.

Решение

Находим разницу скоростей, используя формулы для средней квадратичной и наиболее вероятной скорости молекул:

$$\Delta v = \sqrt{\frac{3RT}{M}} - \sqrt{\frac{2RT}{M}} = \left(\sqrt{3} - \sqrt{2}\right)\sqrt{\frac{RT}{M}}$$

Отсюда выражаем температуру:

$$T = \frac{\Delta v^2}{\left(\sqrt{3} - \sqrt{\frac{8}{\pi}}\right)} \frac{M}{R}$$

$$T = \frac{100^2}{\left(\sqrt{3} - \sqrt{2}\right)} \frac{0.032}{8.31} = 121$$

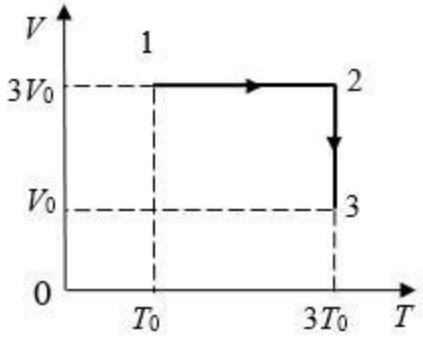
Ответ: 121 К.

Задача №2. Изопроцессы

Условие

На диаграмме V – T изображены процессы перехода идеального газа постоянного количества из состояния 1 в состояние 3. Каким соотношением связаны конечное давление P3 и начальное давление P1?

Решение



При изохорном процессе:

$$p_1 / T_0 = p_2 / 3T_0, p_2 = 3p_1$$

Далее при изотермическом:

$$p_2 * 3V_0 = p_3 V_0, p_3 = 3p_2 = 9p_1$$

Ответ: P3=9P1

Задача №3. Приращение энтропии

Условие

Найти приращение энтропии при переходе массы m=8 г углекислого газа от объема V1=10 л при температуре t1=80° C к объему V2=40 л при температуре t2=300° C.

Решение

Рассмотрим процесс перехода между состояниями вначале по изохоре, а затем по изотерме:

$$dQ = mC_V dT / M$$

$$Q = mRT \ln(V_2 / V_1) / M$$

Соответствующие изменения при каждом процессе:

$$\Delta S_1 = \frac{mC_V}{M} \int_{T1}^{T2} dT / T = \frac{miR}{2M} \ln(T_2 / T_1)$$

$$\Delta S_2 = Q / T = mR \ln(V_2 / V_1) / M$$

В сумме получаем общее изменение энтропии:

$$\Delta S = \frac{8 \cdot 5 \cdot 8.31}{2 \cdot 44} \ln(573/353) + \frac{8 \cdot 8.31}{44} \ln(4) = 3.9$$

Ответ: 3,9 Дж/К.

Задача №4. Молярная масса

Условие

Каковы масса и молярная масса одной молекулы воды.

Решение

Молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода. Их относительные атомные массы берем в таблице Менделеева, а затем вычисляем относительную молярную массу молекулы:

$$M_r = 2 \cdot 1.00797 + 15.9994 \approx 18$$

Молярная масса воды:

$$M = 18 \cdot 10^{-3} \, кг/моль$$

Чтобы найти массу одной молекулы, разделим массу моля воды на количество молекул, содержащихся в нем (число Авогадро):

$$m = \frac{M}{N_A} = \frac{18 \cdot 10^{-3}}{6.02 \cdot 10^{23}} \approx 3 \cdot 10^{-26} кг$$

Ответ: 3*10^-26 кг.

Задача №5. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории

Условие

Каково давление газа на стенки сосуда, если известны средний квадрат скорости его молекул (2*10^6 м2/с2), концентрация молекул (4*10^24 1/м^3) и масса одной молекулы (3*10^-25 кг).

Решение

Используем основное уравнение МКТ:

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

$$p = \frac{1}{3} \cdot 3 \cdot 10^{-25} \cdot 4 \cdot 10^{24} \cdot 2 \cdot 10^6 = 8 \cdot 10^5 \, Па$$

Ответ: 800 кПа.

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

1. В закрытом сосуде емкостью 2 м3 находится 1,4 кг азота и 1,6 кг кислорода. Найти давление газовой смеси в сосуде, если температура смеси равна 27°С.

2. В сосуде объемом V1 = 2 дм3 находится газ под давлением 2.105 Па, а в сосуде объемом V2 = 4 дм3 - под давлением 3.105 Па. Определить, какое давление будет иметь газ, если открыть кран, соединяющий оба сосуда.

3. В колбе объемом 5 дм3 содержится газ под давлением 0.5 Па. Сколько молекул газа в колбе, если температура газа 0°С ?

4. В сосуде объемом 25 л содержится 20 г азота и 10 г углекислого газа при температуре 300 К. Определите: молярную массу смеси, давление в сосуде, давление после нагревания смеси до 500 К.

5. Газовая смесь, состоящая из водорода и гелия, находится в баллоне под давлением 10 Па. Считая, что масса водорода в два раза больше массы гелия, определить парциальные давления водорода и гелия.

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.

Лабораторная работа №4 Определение числа молекул в кабинете физики

Цель: экспериментально определить массу воздуха в классном помещении

Описание последовательности выполнения задания:

1.Повторите теоретический материал по теме практической работы.
2.Ответьте на вопросы для закрепления теоретического материала.
3.Выполните задания.
4.Оформите лабораторную (практическую) работу в тетради.

Теоретические основы темы:

Масса воздуха в помещении может быть определена с помощью

уравнения Менделеева-Клапейрона: $p \cdot V = \frac{m}{[?][?]} RT$

Откуда получим: $m = \frac{pV[?][?]}{RT}$

где p - давление воздуха в Па, измеренное барометром;

- объем комнаты в $м^3$, **a, b, c** - длина, высота, ширина комнаты в м;

M =0,029 кг/моль - средняя молярная масса воздуха;

R = 8,31 Дж/(моль К) - универсальная газовая постоянная;

T = t + 273 - абсолютная температура воздуха, t - температура по шкале Цельсия, измеренная термометром.

Оборудование: 1) барометр; 2) термометр; 3) измерительная лента; 4) тетрадь для лабораторно - практических работ; 5) ручка; 6) чертежные принадлежности: карандаш, линейка, ластик; 7) калькулятор; 8) рабочая тетрадь с теоретическим материалом (конспекты лекций).

Техника безопасности:

1) Во время лабораторной работы нужно быть предельно внимательным, дисциплинированным, осторожным, точно выполнять указания учителя.

2) Располагать приборы так чтобы, материалы, оборудование на рабочем месте содержалось в порядке, на столе не должно быть никаких посторонних предметов. Размещайте приборы, материалы, оборудование на своем рабочем месте таким образом, чтобы исключить их падение или опрокидывание.

3) Не приступайте к выполнению работы без разрешения преподавателя.

4) При проведении опытов не допускайте предельных нагрузок измерительных приборов.

5) Правильно определите цену деления прибора: барометра и термометра.

6) Не создавайте лишний шум в классе, шум оказывает отрицательное воздействие на ваше здоровье.

7) Не уходите с рабочего места без разрешения преподавателя.

Порядок выполнения работы

Задание № 1

1.Заполнить таблицу

Величина		Прибор для измерения	Единица измерения	
Название	Обозначение		Измерительного прибора	В системе СИ
Давление				
Длина				
Ширина				
Высота				
Объем				
Температура				
Универсальная газовая постоянная				
Молярная масса				

2. При помощи барометра определите давление воздуха в классной комнате (нормальное атмосферное давление $p=10^5$ Па).

p =..... мм рт. ст.

Выразите давление p в Паскалях, воспользовавшись соотношением
1 мм рт. ст.=133Па.
p =..... Па. Занесите показания в таблицу.
3. Определите температуру воздуха в помещении при помощи термометра. Переведите температуру по шкале Цельсия в абсолютную температуру по шкале Кельвина (по формуле **$T=t^0C+273K$**).
t= ....^{0}C и переведите в шкалу Кельвина T= t+273, T =... К
Занесите показания в таблицу.
4. Для определения объёма помещения, измерьте длину **a**, ширину **b** и высоту **c** кабинета. И вычислите объём по формуле: V = a·b·c , **(м^3).**
a = ..., b=..., c= .... Занесите показания в таблицу.
5. По результатам измерений заполните таблицу

Давление p, Па	Температура T, К	Длина - a, м;	Ширина - b, м;	Высота - c, м	Объем V, м^3	Масса m, кг

7. Вычислите объём по формуле: V = a·b·c , **(м^3).**
V=a·b·c, где a, b, c-длина, ширина, высота классной комнаты.
V=... м^3. Занесите результат вычисления в таблицу.
8. Вычислите массу по формуле m = $\frac{pV[?][?]}{RT}$, m =...кг. Занесите результат вычисления в таблицу.
9. Определить число молекул воздуха в комнате и их концентрацию (N = $\frac{m}{M}N_A$, n = $\frac{N}{V} = \frac{1}{V}\frac{m}{M}N_A$).
10. Определить массу воздуха, число молекул и их концентрацию при нормальных условиях: po= 760 мм рт. ст., t0= 0°C или T = 273K.
8. Сравнить полученные результаты и сделать вывод.

Практическая работа №12. Решение задач по теме Уравнение состояния идеального газа

Цель: Закрепить знания по теме, 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.

Состояние газа однозначно задается тремя макроскопическими параметрами: давлением, объемом и температурой. Мы знаем, что горячий воздух поднимается вверх. С увеличением температуры он становится легче – уменьшается плотность, увеличивается расстояние между молекулами. То есть происходит расширение – увеличение объема. Можно сделать вывод, что объем и температура газа связаны. Если сдавить воздушный шарик, то внутри него увеличится давление. То есть объем газа также связан с давлением. Получается, что давление, объем и температура газа связаны между собой. Попробуем понять, как именно.

Мы работаем с моделью идеального газа, которая описывает реальный газ достаточно точно для решения многих задач. Мы уже получили для идеального газа основное уравнение МКТ, с помощью которого связали давление с микропараметрами – массой и средней скоростью одной молекулы:

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

Это уравнение – решение задачи в модели механики. Мы приняли, что газ состоит из хаотично движущихся молекул – и вычислили, как они действуют на стенку, какое давление создают, когда с ней сталкиваются. Но мы не измеряем скорости и массы отдельных молекул. На макроуровне мы умеем измерять температуру, которую мы связали со средней кинетической энергией молекул, а значит, и с микропараметрами: массой и средней скоростью одной молекулы:

$$\frac{3}{2} kT = \frac{m_0 \overline{v^2}}{2}$$

Подставив кинетическую энергию из одного уравнения в другое, получили:

$$p = nkT$$

В таком виде применять уравнение для решения задач все еще не удобно. Для измерения давления газа существуют различные приборы (манометры, барометры), для измерения температуры – термометры. Но мы не можем напрямую измерять концентрацию – количество частиц в единице объема. Преобразуем уравнение до удобного вида. Концентрация – это, по определению, $\frac{N}{V}$:

$$p = \frac{NkT}{V}$$

А количество молекул удобнее представить через количество вещества. Мы помним, что в одном моле вещества N_A молекул. Значит, $N = \nu N_A$:

$$p = \frac{\nu N_A kT}{V}$$

Договоримся: чтобы каждый раз не перемножать постоянные величины N_A на k, сделаем это один раз, а произведение обозначим R:

$$R = kN_A = 1{,}38 \cdot 10^{23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{-23} \text{ моль}^{-1} = 8{,}31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

Это значение назвали **универсальной газовой постоянной**, почему – станет понятно чуть позже. Умножим обе части уравнения на объем и перепишем:

$$pV = \nu RT$$

Получили уравнение, которое связывает три макропараметра идеального газа, которые легко измерить: объем, температуру и давление. И если взять какое-то определенное количество газа ν, эти три параметра однозначно зададут его состояние, неизвестных в

уравнении не останется. Поэтому это уравнение назвали **уравнением состояния идеального газа**, или иначе **уравнением Менделеева – Клапейрона**. А на случай, если нам неудобно пользоваться количеством вещества в молях, можно его выразить через массу вещества:

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

Именно в этом виде его чаще всего и записывают. Мы начали с движения молекул, придумали инструменты для его описания, а в итоге получили уравнение, которое связывает поддающиеся непосредственному измерению макропараметры.

Примеры решения задач.

Задача 1.

Кислород находится в сосуде вместимостью 0,4 м^3 под давлением 8,3·10^5 Па и при температуре 320 К. Чему равна масса кислорода? Молярная масса кислорода 0,032 кг/моль.

Дано:
V = 0, 4 м^3
P =8,3·10^5 Па
M =0,032 кг/моль
T = 320 K
R =8, 31 Дж/ (моль·К)

m =?

Решение.

Из уравнения Менделеева – Клапейрона находим масса кислорода.

$$P\,V = \frac{m}{M}RT$$

$$m = \frac{MPV}{RT}$$

$$m = \frac{0{,}032\ \text{кг/моль}\cdot 0{,}4\ \text{м}^3\cdot 8{,}3\cdot 10^5\ \text{Па}}{8{,}31\frac{\text{Дж}}{(\text{моль}\cdot\text{К})}\cdot 320\ \text{К}} = 4\text{кг}.$$

Ответ: m= 4кг.

Задача 2.

Азот массой 0,3кг при температуре 280 К оказывает давление на стенки сосуда, равное 8,3 ·10^4 Па. Чему равен объем газа? Молярная масса азота 0,028 кг/моль.

Дано:
m =0,3кг
R =8, 31 Дж/(моль·К)
T=280 K
P =8,3 ·10^4 Па
M =0,028 кг/моль

V=?

Решение.

$$P\,V = \frac{m}{M}RT$$

$$v = \frac{mRT}{MP}$$

$$V = \frac{0{,}3\text{кг}\cdot 8{,}31\frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}}\cdot 280\ \text{К}}{0{,}028\frac{\text{кг}}{\text{моль}}\cdot 8{,}3\cdot 10^4\ \text{Па}} = 0,\ 3\ \text{м}^3.$$

Ответ: V= 0, 3 м^3

Задача 3.

В баллоне вместимостью 1,66 м^3 находится азот массой 2 кг при давлении 100 кПа. Чему равна температура этого газа? Молярная масса азота 0,028 кг /моль.

Дано:
V=1,66 м^3
m = 2 кг
R =8, 31 Дж/(моль·К)
P = 10^5Па
M =0,028 кг/моль

T = ?

Решение.

$P\,V = \frac{m}{M}RT$

$T = \frac{PVM}{mR}$

$T = \frac{10^5 \text{Па} \cdot 1{,}66 \text{м}^3 \cdot 0{,}028 \text{ кг/моль}}{2 \text{ кг} \cdot 0{,}028 \text{ кг/моль}} = 280\text{К}.$

Ответ: T= 280 К или t =7°С

Задача 4.

При температуре 240 К и давлении 166 кПа плотность газа равна 2 кг/м^3. Чему равна молярная масса этого газа?

Дано:
T = 240 К
P=166· 10^3Па
ρ = 2 кг /м^3
R =8, 31 Дж/(моль·К)

M =?

Решение.

$P\,V = \frac{m}{M}RT$

$M = \frac{mRT}{PV}$; $\frac{m}{V} = \rho$;

$$M = \frac{\rho RT}{P}$$

Вычисления:

$M = \frac{2 \text{ кг /м}^3 \cdot 8{,}31 \text{ Дж/(моль·К)} \cdot 240 \text{ К}}{166 \cdot 10^3 \text{ Па}} = 24 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}.$

Ответ: $M = 24 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = 0{,}024 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}.$

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

1. Идеальный одноатомный газ, находящийся при температуре +327 °С, имеет объём 0,083 м3 и давление 120 кПа. В результате адиабатического процесса температура этого газа уменьшилась на 50 °С. Какую работу совершил газ в этом процессе? Ответ приведите в джоулях и округлите до целого числа.

2. Идеальный одноатомный газ, находящийся при температуре +327 °С, имеет объём 0,0166 м3 и давление 150 кПа. В результате адиабатического процесса этот газ совершил работу 498 Дж. На сколько градусов (по шкале Кельвина) изменилась температура газа в результате этого процесса?

3. Цилиндрический сосуд разделён неподвижной теплоизолирующей перегородкой. В одной части сосуда находится кислород, в другой — водород, концентрации газов одинаковы. Давление кислорода в 2 раза больше давления водорода. Чему равно отношение средней кинетической энергии молекул кислорода к средней кинетической энергии молекул водорода?

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 №13 Решение задач по теме Газовые законы. Изопроцессы

Цель: Закрепить знания по теме, 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

На прошлом уроке мы уже сформулировали так называемое уравнение состояния идеального газа – закон, связывающий между собой три макроскопических параметра газа: температуру, давление и объём.

$$\boxed{P \cdot V = \nu \cdot R \cdot T}$$

или же

$$\boxed{\frac{P \cdot V}{T} = \nu \cdot R}$$

То есть, каким бы ни был переход от одного состояния к другому (что, собственно, и подразумевается под газовым процессом), соотношение между тремя параметрами не меняется (естественно, при неизменном количестве вещества рассматриваемой порции газа).

Теперь же рассмотрим не произвольные процессы, а более частные случаи, когда неизменной величиной является один из макроскопических параметров. Начнём с изотермического процесса.

ОИзотермический процесс – процесс перехода идеального газа из одного состояния в другое без изменения температуры. Закон, описывающий связь меду параметрами газа при таком процессе, называется закон Бойля-Мариотта в честь двух учёных, практически одновременно выведших его: англичанина Роберта Бойля и француза Эдма Мариотта (рис. 2). Запишем его:

Для начала запишем уравнения состояния идеального газа при постоянном количестве вещества:

$$P \cdot V = \nu \cdot R \cdot T$$

А теперь учитывая: $\nu = const$ и $T = const$

Получаем: $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = \cdots$ для любых различных состояний газа, или же просто:

$P \cdot V = const$ - закон Бойля-Мариотта

Из этого закона очевидно следует обратно пропорциональная связь давления и объёма: при увеличении объёма наблюдается уменьшение давления, и наоборот. График зависимости меняющихся величин в уравнении, то есть P и V, имеет следующий вид и называется изотермой

Определение. Изобарный (или изобарический) процесс – процесс перехода идеального газа из одного состояния в другое при постоянном значении давления. Впервые такой процесс рассмотрел французский учённый Жозеф-Луи Гей-Люссак (рис. 4), поэтому закон носит его имя. Запишем этот закон

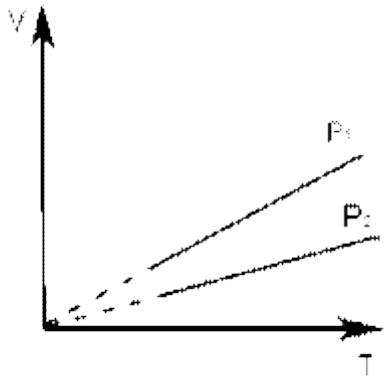
Снова запишем обычное уравнение состояния: $P \cdot V = \nu \cdot R \cdot T$

А теперь учитывая: $\nu = const$ и $P = const$

Получаем: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \cdots$ для любых различных состояний газа, или же просто:

$\frac{V}{T} = const$ - закон Гей-Люссака

Из этого закона очевидно следует прямо пропорциональная связь между температурой и объёмом: при увеличении температуры наблюдается увеличение объёма, и наоборот. График зависимости меняющихся величин в уравнении, то есть T и V, имеет следующий вид и называется изобарой (рис. 3):



Графики изобарных процессов в координатах V-T

Следует обратить внимание на то, что, поскольку мы работаем в системе СИ, то есть с абсолютной шкалой температур, на графике присутствует область, близкая к абсолютному нулю температур, в которой данный закон не выполняется. Поэтому прямую в области, близкой к нулю, следует изображать пунктирной линией.

Изохорный (или изохорический) процесс – процесс перехода идеального газа из одного состояния в другое при постоянном значении объёма. Процесс рассмотрен впервые французом Жаком Шарлем (, поэтому закон носит его имя. Запишем закон Шарля:

Снова запишем обычное уравнение состояния: $P \cdot V = \nu \cdot R \cdot T$

А теперь учитывая: $\nu = const$ и $V = const$

Получаем: $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \cdots$ для любых различных состояний газа, или же просто:

$\frac{P}{T} = const$ - закон Шарля

Из этого закона очевидно следует прямо пропорциональная связь между температурой и давлением: при увеличении температуры наблюдается увеличение давления, и наоборот. График зависимости меняющихся величин в уравнении, то есть T и P,

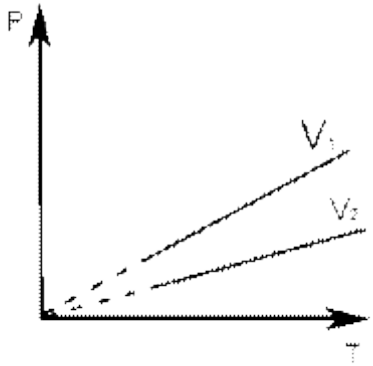


График зависимости имеет следующий вид и называется изохорой.

В районе абсолютного нуля для графиков изохорного процесса также существует лишь условная зависимость, поэтому прямую также следует доводить до начала координат пунктиром.

Стоит обратить внимание, что именно такая зависимость температуры от давления и объёма при изохорных и изобарных процессах соответственно определяет эффективность и точность измерения температуры с помощью газовых термометров.

Интересен также тот факт, что исторически первыми были открыты именно рассматриваемые нами изопроцессы, которые, как мы показали, являются частными случаями уравнения состояния, а уже потом уравнения Клапейрона и Менделеева-Клапейрона. Хронологически сначала были исследованы процессы, протекающие при постоянной температуре, затем при постоянном объёме а последними – изобарические процессы.

Примеры решения задач

Задача 1. Во сколько раз изменится давление газа в цилиндре, если его объем уменьшить, продвинув поршень на $\frac{1}{3}$ высоты цилиндра? Температура газа не меняется.

Так как температура неизменна, то запишем закон Бойля-Мариотта:

$$p_1V_1 = p_2V_2$$

Объем газа уменьшился:

$$V_2 = V_1 - \frac{1}{3}V_1 = \frac{2}{3}V_1$$

Тогда:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\frac{2}{3}V_1}{V_1} = \frac{2}{3}$$

Тогда $\frac{p_2}{p_1} = \frac{3}{2} = 1,5$

Ответ: давление возрастет в 1,5 раза.

Задача 2. Идеальный газ расширяют изотермически так, что объем газа изменяется в $n = 1,4$ раза, а давление – на $\Delta p = 2$ атм. Найти начальное давление газа.

Так как температура не меняется, то запишем закон Бойля-Мариотта:

$$p_1V_1 = p_2V_2$$

Объем газа увеличивается:

$$V_2 = nV_1$$

Если объем увеличивается, то давление, очевидно, падает:

$$p_2 = p_1 - \Delta p$$

Тогда

$$p_1V_1 = (p_1 - \Delta p)nV_1$$

$$p_1 = (p_1 - \Delta p)n$$

$$p_1 - np_1 = -n\Delta p$$

$$p_1(1 - n) = -n\Delta p$$

$$p_1(n - 1) = n\Delta p$$

$$p_1 = \frac{n\Delta p}{n - 1}$$

Подставим числа:

$$p_1 = \frac{1,4 \cdot 2 \cdot 10^5}{0,4} = 7 \cdot 10^5$$

Ответ: 7 атм.

Задача 3. При давлении $p = 2 \cdot 10^6$ Па идеальный газ занимает объем $V = 5$ л. В результате изотермического расширения его объем увеличился на $\Delta V = 1$ л, а концентрация молекул стала равной $n = 3,62 \cdot 10^{26}$ м$^{-3}$, При какой температуре протекал этот процесс?

$$p_1V_1 = p_2V_2$$

$$p_2 = \frac{p_1V_1}{V_2}$$

Объем газа увеличивается:

$$V_2 = V_1 + \Delta V$$

$$p_2 = \frac{p_1V_1}{V_1 + \Delta V}$$

Согласно уравнению состояния идеального газа $p = nkT$ можем записать:

$$p_2 = nkT$$

$$\frac{p_1 V_1}{V_1 + \Delta V} = nkT$$

$$T = \frac{p_1 V_1}{nk(V_1 + \Delta V)}$$

Подставим числа:

$$T = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{3,62 \cdot 10^2 6 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 333,6^\circ$$

Или, выражая в градусах Цельсия, $t = 333,6^\circ - 273^\circ = 60,6^\circ$ С.

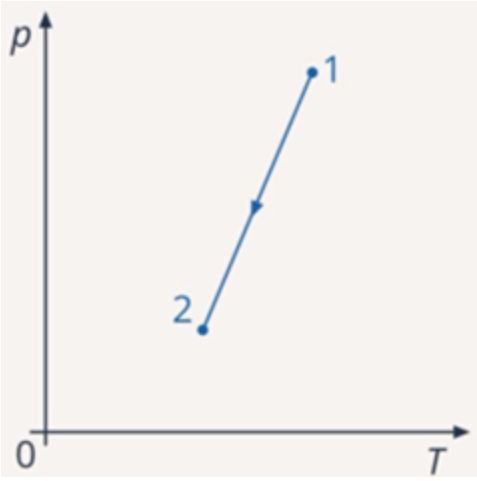
Ответ: 60° С.

Задание: Используя теоретический материал ответьте на вопросы. Варианты распределяет преподаватель.

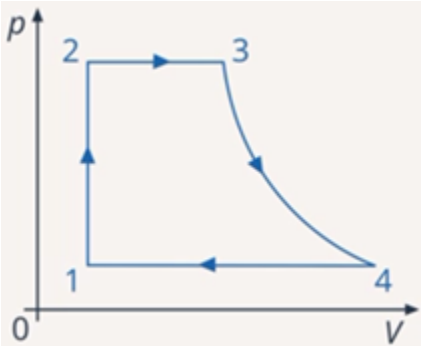
Задача 1. Бутылку закрыли пробкой, площадь сечения которой равна 2 см^2. Чтобы вытащить пробку, нужно приложить силу 10 Н. До какой температуры нужно нагреть бутылку, чтобы пробка вылетела? Начальная температура в бутылке равна 20 °С.

Задача 2. При температуре -23 °С давление газа в баллоне равно 1,8 МПа. Если давление в баллоне превышает 2 МПа, автоматический клапан открывается и выпускает часть газа. Сколько процентов газа выйдет из баллона, если температура в помещении поднимется до 27 °С?

Задача 3. Сравните объем данной массы идеального газа в состояниях 1 и 2



Задача 4. Постройте графики процесса, происходящего с идеальным газом (см. рис. 5), в координатах *V, T* и *p, T*. Масса газа постоянна. Участок графика 3-4 соответствует изотермическому процессу.



Задача 5. Во сколько раз отличаются средние квадратичные скорости молекул кислорода и азота в вашей комнате?

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 №14 Решение задач

Цель работы: показать применение в знаний практических задачах. Обобщить знания по применению.

1. Решить задачи, пользуясь примерами решений аналогичных задач. Примеры решений не переписывать. При решении задачи приводить полностью все пояснения к действиям.
2. Перенести таблицу в тетрадь и заполнить ее, пользуясь предложенными теоретическими сведениями.
3. Выполнить тестовое задание.
4. Дать подробные ответы на качественные задачи, подтверждая ответ сведениями из теории.

Задание: решить задачи.

1. При изотермическом сжатии объём одного моля идеального газа уменьшился на 0,5%. На сколько процентов изменилось его давление? Ответ (с точностью до десятых долей процента) подтвердить вычислением.

2. При изобарическом охлаждении температура газа уменьшилась от значения T1 до значения T2, при этом объём газа уменьшился на величину ΔV . Найти конечный объём газа.

3. В сосуде под покоящимся поршнем, нижняя плоская поверхность которого составляет с горизонтом угол α = 30◦ , находится воздух. Во сколько раз изменится объём воздуха под поршнем, если на него медленно насыпать песок массой m = 20 кг? Масса поршня равна M = 5 кг, площадь поперечного сечения сосуда S = 20 см2 , атмосферное давление p0 = 105 Па. Считайте, что g = 10 м/с2 и трения нет.

4. Два моля гелия при постоянном давлении p0 = 10 атм охлаждаются на ΔT = 1 K так, что относительное уменьшение объёма газа ΔV/V0 составляет α = 0,25%.

1) На сколько литров уменьшился объём газа?

2) Найти начальную температуру газа.

5. Моль гелия нагревается при постоянном объёме V0 = 400 л так, что относительное увеличение его давления составило Δp/p0 = α = 0,4%. 1) На сколько увеличилась температура газа, если его начальная температура T0 = 500 K? 2) На сколько атмосфер увеличилось давление газа?

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.

Лабораторная работа №5 Измерение влажности воздуха

Цель работы: закрепить понятие о влажности воздуха и способах ее измерения; определить абсолютную и относительную влажность воздуха, точку росы;

научиться пользоваться справочными таблицами: «Давление насыщенного водяного пара и его плотность при различных значениях температуры», «Психрометрическая таблица» приборами для измерения влажности воздуха – психрометром.

Оборудование: Психрометр, психрометрическая таблица, таблица «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

Теоретическая часть

В атмосфере Земли всегда содержатся водяные пары. Их содержание в воздухе характеризуется абсолютной и относительной влажностью.

Абсолютной влажностью воздуха ρ_a - называется плотность водяных паров, находящихся в воздухе при данной температуре.

$$\rho_a = \frac{m_{водянного\ пара}}{V_{воздуха}} \qquad [\rho_a] = \frac{кг}{м^3}$$

Относительная влажность воздуха φ показывает сколько процентов составляет абсолютная влажность от плотности насыщенного водяного пара при данной температуре:

$$\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_0} \cdot 100\% \qquad [\varphi] = \%,$$

где ρ_0-плотность насыщенного водяного пара при данной температуре и определяется по таблице «Давление насыщенного водяного пара и его плотность при различных значениях температуры» Таким образом, относительная влажность характеризует степень насыщения воздуха водяным паром.

Для жилых помещений нормальной влажностью считается относительная влажность, равная 40 - 60 %. О влажности воздуха можно судить только по относительной влажности, так как при одной и той же абсолютной влажности в зависимости от температуры воздух может казаться или сухим или влажным.

Относительную влажность воздуха можно определить с помощью психрометра.

Психрометр или психрометр Августа (см.рисунок) состоит из двух термометров: сухого и увлажненного. На шарике увлажненного термометра закреплен фитиль, конец которого опущен в чашечку с водой. Вода, испаряясь с фитиля забирает от термометра тепло, поэтому показания увлажненного термометра ниже, чем у сухого. По показанию сухого и разности показаний

сухого и увлажненного термометров с помощью психрометрической таблицы находится относительная влажность воздуха.

Температура, при которой охлажденный воздух становится насыщенным водяными парами, называется точкой росы T_p

При точке росы абсолютная влажность воздуха равна плотности насыщенного пара $\rho_0 = \rho_a$

Запотевание холодного предмета, внесенного в теплую комнату, объясняется тем, что воздух вокруг предмета охлаждается ниже точки росы и часть имеющихся в нем водяных паров конденсируется.

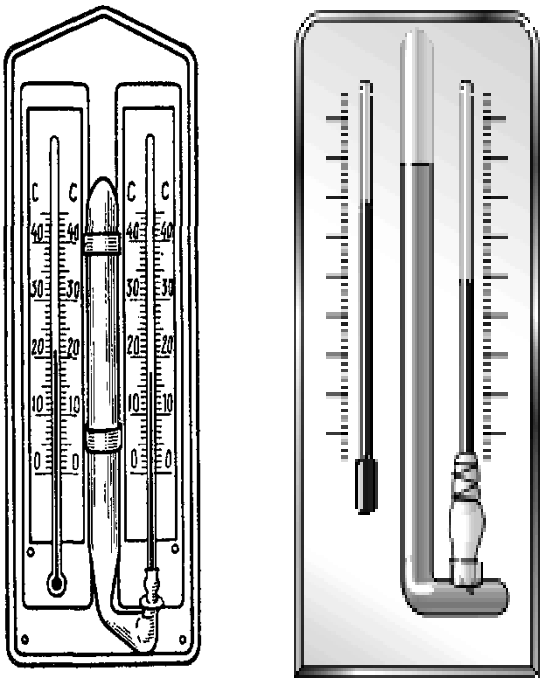


Рисунок «Психрометры»

Порядок выполнения работы:

1. Снять показания психрометра в различных частях класса.
2. Пользуясь психрометрической таблицей определить относительную влажность воздуха.
3. Рассчитать абсолютную влажность воздуха и определить точку росы используя таблицу «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

$$\rho_a = \frac{\varphi \cdot \rho_0}{100\%}$$

4. Результаты в таблицу:

№ измерения	Местоположение психрометра	Показания сухого термометра, T_c, К	Показания увлажненного термометра, $T_у$, К	Разность показаний сухого и увлажненного термометров, T_c-$T_у$, К	Относительная влажность воздуха, φ , %	Абсолютная влажность воздуха, ρ_a, кг/м^3	Точка росы, $T_р$, К
1							
2							
3							

5. Сделать выводы по работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Почему показания влажного термометра психрометра меньше показаний сухого термометра? При каком условии разность показаний термометров наибольшая?
2. Температура в помещении понижается, а абсолютная влажность остается прежней. Как изменится разность показаний термометров психрометра?
3. Почему после жаркого дня роса бывает более обильна?
4. Относительная влажность воздуха при 200С равна 58%. При какой температуре выпадает роса?
5. Относительная влажность воздуха при температуре 293 К равна 44 %. Что показывает увлажненный термометр психрометра?
6. В комнате объёмом 150 м^3 при температуре 300 К содержится 2,07 кг водяных паров. Определите относительную и абсолютную влажность воздуха.

Лабораторная работа №6 Определение плотности твердого тела

Цель работы:

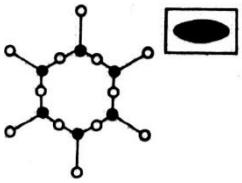
Научиться определять плотность твёрдого тела с помощью весов и измерительного цилиндра.

Приборы и материалы:

Весы с разновесами, измерительный цилиндр (мензурка), твёрдое тело, плотность, которого

надо определить, нитка.

Теоретическая часть



1. Обычно вещество называют твердым, если оно сохраняет свою форму и объем, т. е. внешние признаки.

2. В физике под твердыми телами подразумевают вещества, у которых имеется кристаллическое строение, т. е. «дальний порядок», в расположении его частиц.

В зависимости от структуры различают тела кристаллические и аморфные.

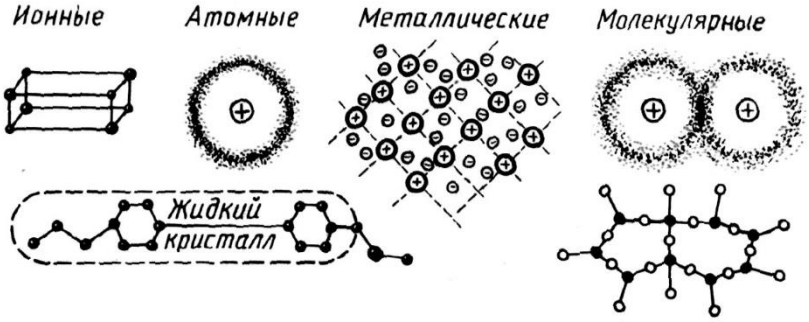
Кристаллические тела

Монокристаллы— одиночные кристаллы (кварц, алмаз).	Поликристаллы— много кристаллов (металлы, сахар, поваренная соль).
Свойства 1. Температура плавления $t_{пл}$=const. 2. Каждое вещество имеет свою температуру плавления.	
Анизотропия— зависимость физических свойств от направления внутри кристалла. Механическая прочность, оптические, электрические, тепловые свойства.	Изотропия— одинаковые физические свойства по всем направлениям. У поликристаллов анизотропия свойственна для каждого кристалла. Так как кристаллики расположены друг относительно друга хаотически, тело в целом изотропно.

Аморфные тела

Не имеют постоянной температуры плавления	Не имеют кристаллического строения	Изотропны	Обладают текучестью	Только ближний порядок	Способны переходить в кристаллическое и жидкое состояние

Типы кристаллов

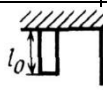
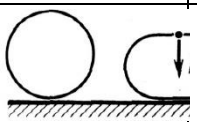
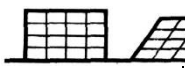
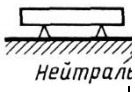
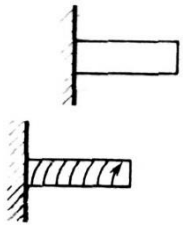


Кристаллическая форма вещества более устойчива, чем аморфная.

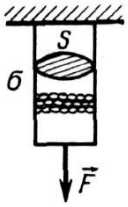
Деформация. Виды деформации

упругая ← Деформация → пластичная

Виды деформации

Растяжение	Сжатие	Сдвиг	Изгиб	Кручение
Тросы Канаты Веревки	Фундамент строения Опоры мостов	Асфальт дороги	Балки Перекрытия балок	Автомобильный вал Деформация незначительна
				

Механическое напряжение(σ)

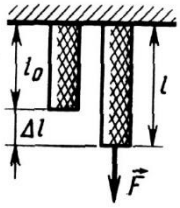


$$\left.\begin{array}{l}\sigma \sim F \\ \sigma \sim \dfrac{1}{S}\end{array}\right\} \Rightarrow \sigma = \frac{F}{S}.$$

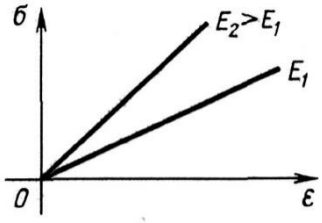
Выражается σ в $\frac{Н}{м^2}$, или в Па.

На графике видно: чем > угол наклона, тем упругие свойства материала выше, т. е. $E_2 > E_1$.

Закон Гука



Пусть l— конечная длина;l_0— начальная длина; Δl— абсолютное изменение длины; $\frac{|\Delta l|}{l_0} = \varepsilon$ — относительное изменение длины.



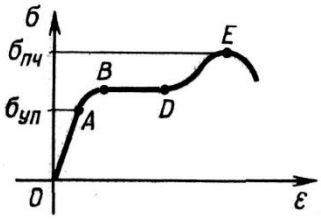
При малых деформациях $\sigma = \frac{F}{S}$, $k \sim \frac{S}{l_0}$. Для перехода к равенству k и $\frac{S}{l_0}$ введем коэффициент пропорциональности E, который называется модулем Юнга(модуль упругости материала),характеризующий упругие свойства материала. Следовательно, $k = E\frac{S}{l_0}$ (коэффициент жесткости зависит от длины тела, от площади, от длины и материала).

Так как F=k|Δl|, то $\sigma = \frac{k|\Delta l|}{S} = \frac{ES|\Delta l|}{Sl_0} = E|\varepsilon|$.

Таким образом, видно, что при малых деформациях σ прямо пропорциональна ε, т.е.σ=E|ε| — закон Гука.

Диаграмма растяжения материала

Если взять проволоку, замерять ее длину и площадь, увеличивая нагрузку, то после вычисления σ и ε в каждом состоянии получаем диаграмму растяжения.



1.Напряжение$σ_{уп}$,выше которого начинается нарушение линейной зависимости σ от ε, называется пределом упругости(точка A). До $σ_{уп}$ выполняется закон Гука.

2. Участок AB: ε растет непропорционально.

3. Участок BD: ε растет — стержень растягивается; σ—const— наблюдается текучесть материала.

4. При увеличении деформации ε растет, в точке E достигает максимума — образец разрушается.

Предел прочности $σ_{пч}$— напряжение, при котором стержень разрушается.

Запас прочности

Отношение предела прочности вещества, из которого сделано тело, к напряжению при котором работает тело называют запас прочности. $n = \frac{\sigma_{пч}}{\sigma}$

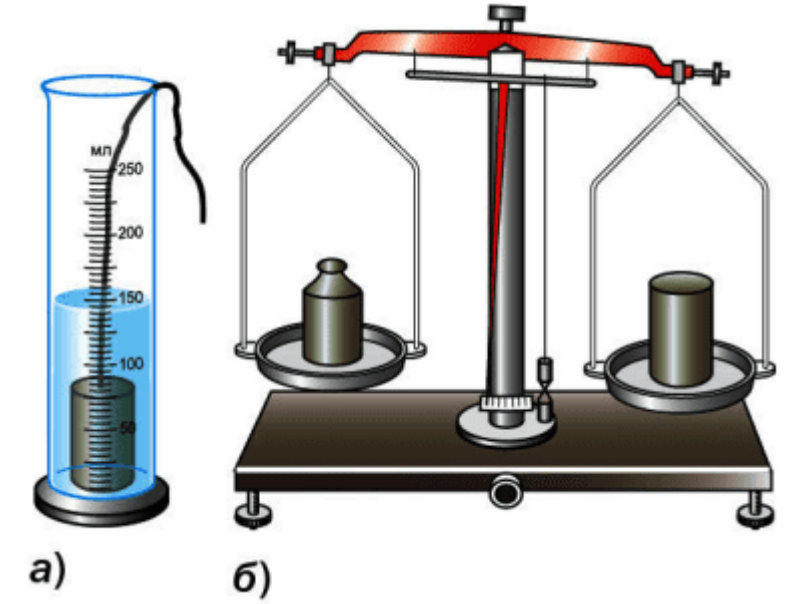
Механические свойства материалов

Пластичность— свойство материала при незначительных нагрузках приобретать остаточную деформацию (свинец, воск).

Хрупкость— свойство материала разрушаться при небольших деформациях (стекло, фарфор).

Указания к работе:

1. Повторите по учебнику § 22 "Плотность вещества".
2. Измерьте массу тела на весах (см. лабораторную работу №3).
3. Измерьте объём тела с помощью мензурки (см. лабораторную работу №4).
4. Рассчитайте по формуле p=mVp=mV плотность данного тела.
5. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 10.



Название вещества	Масса тела m, г	Объём тела V, см³	Плотность вещества ρ	
			$\frac{г}{см^3}$	$\frac{кг}{м^3}$

Плотность вещества находится по следующей формуле ρ=mVρ=mV, где ρ − плотность вещества, m − масса, V − объём. То есть нам надо знать массу и объем тела, тогда можно вычислить плотность.

Первоначально найдем массу тел (алюминиевый и медный брусок) используя весы как в лабораторной работе №3. Собственно массу находим путем подбора такого набора гирь, который будут обеспечивать равновесие рычагов весов при условии, что на одной чашке будут гири, на второй будет измеряемое тело.

Далее находим объем тела.

Объем вытесненной жидкости из емкости в которое полностью погружено тело и будет равен объему тела. V=V2−V1V=V2−V1, где V2V2 − объём воды и тела, V1V1 − начальный объём воды в мензурке.

Можем переходить к расчету плотности по формуле ρ=mVρ=mV.
Вычисления
ρал=4617=2,7ρал=4617=2,7 г/см3см3 = 2700 кг/м3м3
ρм=8910=8,9ρм=8910=8,9 г/см3см3 = 8900 кг/м3м3

Запишем полученные данные в таблицу

Название вещества	Масса тела m, г	Объём тела V, $см^3$	Плотность вещества	
			$г/см^3$	$кг/м^3$
алюминиевый брусок	46	17	2,7	2700
медный брусок	89	10	8,9	8900

Вывод. В ходе лабораторной работы закрепили знания по нахождению объема и массы тела, и на основании этих данных вычислили плотность тела.

Практическая работа №15 Решение задач с профессиональной направленностью по теме Первый и второй закон термодинамики

Цель работы: показать применение первого и второго закона термодинамики в практических задачах.

1. Решить задачи, пользуясь примерами решений аналогичных задач. Примеры решений не переписывать. При решении задачи приводить полностью все пояснения к действиям.

Теоретическая часть.

Согласно первому закону термодинамики, QQ (количество внутренней теплоты), которое получил газ извне, расходуется на совершение работы AA и изменение внутренней энергии UU. Формула закона: Q=ΔU+AQ=ΔU+A.

Второе начало термодинамики (второй закон термодинамики) гласит, что тепло не может самопроизвольно переходить от более холодного тела к более тёплому в замкнутой системе

Формула второго начала термодинамики (второго закона термодинамики):

$\Delta S \geq (\Delta Q / T)$,

где:

ΔS - изменение энтропии системы;

ΔQ - количество тепла, переданное системе;

T - температура системы.

Примеры решения задач

Задача 1. Идеальный газ получил количество теплоты 300 Дж, при этом внутренняя энергия газа увеличилась на 100 Дж. Какова работа, совершённая газом?

Решение: согласно первому началу термодинамики, тепло, переданное системе, идёт на

изменение внутренней энергии и совершение работы против внешних сил: Q = ΔU + A, где Q — количество теплоты, ΔU — изменение внутренней энергии, A — работа газа.
Выразим работу газа: A = Q − ΔU. Подставим значения: A = 300 Дж − 100 Дж = **200 Дж**.

Задача 2. Определить изменение энтропии 14 г азота при изобарном нагревании его от 27°С до 127°С.

Решение

Изменение энтропии вычисляем по формуле:

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$$

Для элементарного количества теплоты в изобарном процессе можно записать:

$$dQ = c_p m dT$$

Удельная теплоемкость при постоянном давлении:
С учетом сказанного, формулу для энтропии можно переписать так:

$$\Delta S = \frac{i+2}{2}\frac{m}{M}R\int_1^2 \frac{dT}{T} = \frac{i+2}{2}\frac{m}{M}R\ \ln T\Big|_1^2 =$$

$$= \frac{i+2}{2}\frac{m}{M}R\left(\ln T_2 - \ln T_1\right) = \frac{i+2}{2}\frac{m}{M}R\ \ln\frac{T_2}{T_1}$$

$$\Delta S = \frac{i+2}{2}\frac{m}{M}R\ \ln\frac{T_2}{T_1}$$

Выполним проверку размерности и подставим значения, не забывая переводить Цельсии в Кельвины:

$$[\Delta S] = \frac{\cancel{кг}}{\frac{\cancel{кг}}{\cancel{моль}}} \cdot \frac{Дж}{\cancel{моль} \cdot К} \ln\frac{\cancel{К}}{\cancel{К}} = \frac{Дж}{К}$$

$$\Delta S = \frac{5+2}{2} \cdot \frac{14 \cdot 10^{-3}}{28 \cdot 10^{-3}} \cdot 8{,}31 \cdot \ln\frac{400}{300} = 4{,}18$$

Ответ: 4,18 кДж/К.

Практическая работа №16 Решение задач с профессиональной направленностью по теме Тепловые двигатели

Цель работы: показать применение первого закона термодинамике в практических задачах. Обобщить знания по применению тепловых двигателей.

5. Решить задачи, пользуясь примерами решений аналогичных задач. Примеры решений не переписывать. При решении задачи приводить полностью все пояснения к действиям.
6. Перенести таблицу в тетрадь и заполнить ее, пользуясь предложенными теоретическими сведениями.
7. Выполнить тестовое задание.
8. Дать подробные ответы на качественные задачи, подтверждая ответ сведениями из теории.

Теоретическая часть

Тепловой двигатель — это устройство, которое преобразует тепловую энергию в механическую работу.

Принцип действия теплового двигателя: нагревающийся газ (рабочее тело) расширяется, давит на поршень или лопасти турбины и тем самым производит механическую работу. При расширении газ охлаждается и отдаёт тепло холодильнику (как правило, окружающей среде). Для нормальной работы двигателя процесс должен происходить циклически: после каждого расширения газ нужно возвращать в первоначальное состояние.

Виды тепловых двигателей. Двигатели внешнего сгорания. Производят механическую работу за счёт внешнего источника тепла. Процесс сгорания происходит вне двигателя, и выделяемое тепло передаётся рабочей жидкости внутри двигателя, заставляя её расширяться и выполнять работу.

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Процесс сгорания топлива происходит внутри самого двигателя. При сгорании топлива образуются газы высокого давления, которые непосредственно воздействуют на механические компоненты двигателя, такие как поршни, приводя их в движение.

КПД (коэффициент полезного действия) теплового двигателя — это отношение совершённой полезной работы двигателя к энергии, полученной от нагревателя. КПД всегда меньше единицы, так как не вся тепловая энергия преобразуется в механическую.

Примеры решения задач

Задача 1. Газ, занимающий объем $V_1 = 2$ м^3 при давлении $P_1 = 4 \cdot 10^5$ Па, совершает круговой процесс, состоящий из нескольких этапов. Сначала газ изохорически охлаждается до температуры, при которой его давление равно $P_2 = 10^5$ Па. Затем он изобарически охлаждается до состояния, из которого возвращается в начальное состояние таким образом, что его давление изменяется с изменением объема по закону $P = \alpha V$ (α - постоянная величина). Нарисуйте график данного кругового процесса на PV-диаграмме и найдите совершенную газом работу.

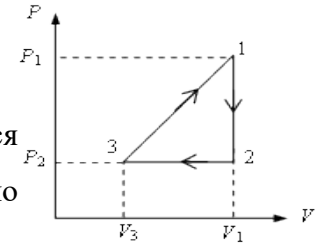


Рис.1

Решение:

Как следует из условия задачи, состояния газа 1 и 3 изображаются точками, лежащими на прямой $P = \alpha V$, проходящей через начало координат (рис. 1). Это означает, что

$P_1 = \alpha V_1$ и $P_3 = \alpha V_3$

С учетом того, что $P_2 = P_3$, получаем

$$V_3 = \frac{P_2 V_1}{P_1} = 0{,}5 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Работа при круговом процессе численно равна площади фигуры, ограниченной графиком этого процесса, в данном случае - площади треугольника 123.

$$A = \frac{1}{2}(P_1 - P_2)(V_1 - V_3),$$

подставляя V_3, получаем

$$A = \frac{(P_1 - P_2)^2 V_1}{2P_1} = 2{,}25 \cdot 10^5 \text{ (Дж)}.$$

Ответ: работа в данном круговом процессе равна $2{,}25 \cdot 10^5$ Дж.

Задача 2. Аргон, находящийся в сосуде объемом 5 л, нагревают так, что его давление возрастает с 100 кПа до 300 кПа. Какое количество теплоты получил газ?

Решение.

Дано	СИ	РЕШЕНИЕ
$V = 5$л		Первый закон термодинамики
$P_1 = 100$ кПа		$Q = \Delta U + A$

$P_2 = 300$ кПа		В закрытом сосуде объем не меняется, значит, процесс является изохорным. При этом работа равна 0, т. е. $A = 0$.
	$5 \cdot 10^{-3}$м^3 10^5Па $3 \cdot 10^5$Па	Количество теплоты тогда будет равно изменению внутренней энергии $$Q = \Delta U = \frac{3}{2}(P_2V - P_1V)$$ Подставим значения $$Q = \frac{3}{2}(3 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3} - 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3}) =$$ $$= \frac{3}{2} \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 1500\text{Дж} = 1{,}5\ \text{кДЖ}$$
$Q-?$		Ответ: 1,5 кДж.

1. Некоторое количество одноатомного газа занимает объем $V_1 = 0{,}1$ м^3 при давлении $P_1 = 2 \cdot 10^5$ Па. Если газ переходит из этого состояния в конечное состояние 2 сначала при изобарическом, а затем при изохорическом нагревании, то он совершает работу $A_1 = 4 \cdot 10^4$ Дж. Если же переход осуществляется непосредственно по прямой 1-2, то работа газа $A_2 = 5 \cdot 10^4$ Дж. Найдите давление и объем газа в конечном состоянии 2, а также количества теплоты, полученные газом в обоих случаях.

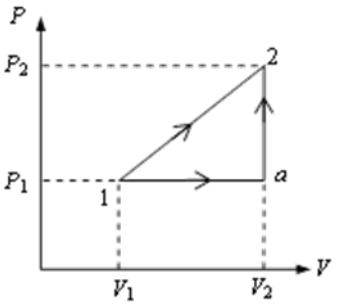


Рис. 7

2. В некотором закрытом сосуде находится газ, который нагревают, сообщая ему 2 кДж теплоты, при этом давление возросло с150 кПа до 400кПа. Какой объем имеет газ в этом сосуде?

3. В некотором циклическом процессе КПД двигателя 50%, за цикл газ отдаёт холодильнику 50 Дж. Чему равна теплота, отданная от нагревателя рабочему телу? Ответ дайте в Дж.

4. Если идеальная тепловая машина за цикл совершает полезную работу 50 Дж и отдает холодильнику 50 Дж, то каков ее КПД? (Ответ дайте в процентах.)

5. Газ, совершающий цикл Карно, отдаёт холодильнику 70% теплоты, полученной от нагревателя. Температура нагревателя T = 400 K. Найдите температуру холодильника. (Ответ дайте в кельвинах.)

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: Решение задач на закон Кулона

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,…, q_n,) всех частиц остается неизменной.

$$q_1+q_2+\ldots+q_n=const$$

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 $k=9\times10^9$ (Н×м^2)/Кл^2 — коэффициент пропорциональности.

Заряд электрона

$e=1{,}6\times10^{-19}$Кл

Напряженность электрического поля

Напряженность электрическою 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

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

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.

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

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 (φ) 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: $\varphi = E \times q$ (В)

Напряжение (разность потенциалов)

Напряжение (U) или разность потенциалов (φ_1-φ_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 проводников и соседним.

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

Электроёмкость конденсатора

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

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

ε_0=8,85×10^{-12} Кл^2/(Н×м^2) – 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

$C_{общ}=C_1+C_2+C_3+\ldots+C_n$

Последовательное соединение конденсаторов

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

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) м

$F_2 = 2F_1$

Решение:

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:

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

Ответ: r = 1,75 м.

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:

E = 150 В/м

r_1= 5 м

r_2= 10 м

Решение:

Используя выражения для модуля напряженности и потенциала электростатического поля, создаваемого точечным зарядом, получаем: $E = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$. $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$

Разделив первое выражение на второе, получим:

$\varphi - ?$

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

Отсюда:

$\varphi = \frac{150 \cdot 5^2}{10} = 375B$.

Ответ: 375 В.

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 мкКл = -120*10^{-6} Кл

q_1= 40 мкКл = 40*10^{-6} Кл

r_1= 10 см = 0,1 м

Решение:

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

По закону сохранения электрического заряда:

$q_1 + q_2 = 2q$,

$F - ?$

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

Силу взаимодействия шариков определим по закону Кулона:

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

$F = 1,44$ кН.

Ответ: 1,44 кН.

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 В/м

q = 10^{-7} Кл

Решение:

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

$m - ?$

$mg = qE$,

$m = qE / g$.

Подставим числовые значения:

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

Выразим массу пылинки в г: $m = 2 \cdot 10^{-3}$г.

Ответ: $m = 2 \cdot 10^{-3}$г.

Задание: Используя теоретический материал ответьте на вопросы. Варианты распределяет преподаватель.

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

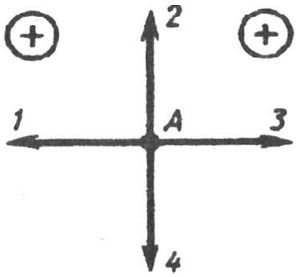
8.Какое направление имеет вектор кулоновской силы, действующей на положительный заряд, помещенный в точку А?

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	**1)** притяжение
В) одно тело имеет положительный заряд, а второе - отрицательный	**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 -10е потеряла четыре электрона. Заряд пластинки стал равен..

1) 6*е* 2) -6*е* 3) 14*е* 4) -14*е*

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

1) идеальным 3) точечным

2) минимальным 4) элементарным

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

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

2) увеличилась в 4 раза 4)уменьшилась в 4 раз

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

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

2)увеличилась в 4 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 3) уменьшится в 8 раз

2)уменьшится в 2 раза 4) увеличится в 8 раз

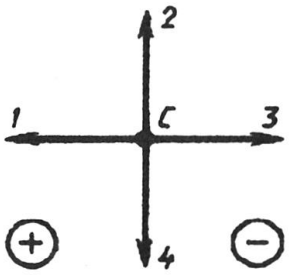
7. Два одинаковых металлических шара заряжены равными одноименными зарядами. Шарики привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Сила взаимодействия…

1) не изменилась 3) уменьшилась в 2 раза

2) увеличилась в 2 раза 4) равна нулю

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

1) 1



2) 2 3) 3 4) 4

Часть 2

9. Как взаимодействуют заряженные тела?

Заряженные тела	**Вид взаимодействия**
А) две стеклянные палочки, потертые о шелк	**1)** притяжение
Б) стеклянная палочка, потертая о шелк, и эбонитовая палочка, потертая о мех	**2)** отталкивание
В) две эбонитовые палочки, потертые о мех	**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 №18 по теме: Решение задач на взаимодействие зарядов

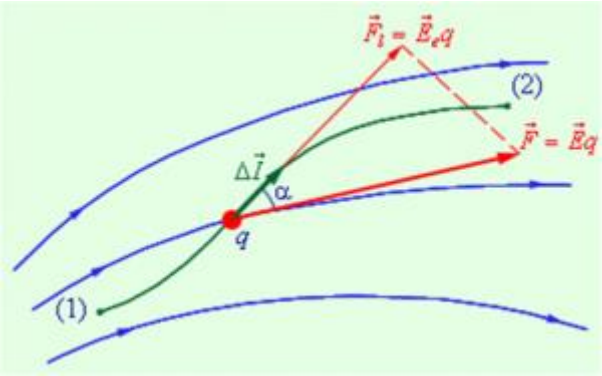
Цель: систематизировать знания по разделу «Взаимодействие зарядов», научиться применять полученные знания для решения задач различных типов.

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

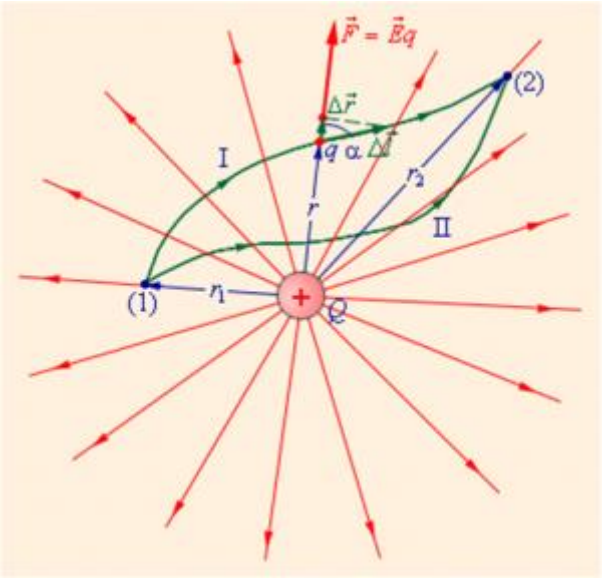
- Электростатическое поле является потенциальным. Это означает, что работа сил электрического поля при перемещении заряда *по любой замкнутой траектории равна нулю*. Если же траектория перемещения заряда не является замкнутой,



Работа электрических сил при малом перемещении заряда

то работа электростатического поля в этом случае определяется следующим образом: $\Delta A = Eq\Delta l\cos\alpha$, где E — напряженность поля в данной точке, q — величина заряда, Δl — величина малого перемещения заряда, α — угол между направлением напряженности поля и перемещением заряда.

- Если переместить заряд q из точки с потенциальной энергией W_1 в точку с потенциальной энергией W_2, то *разница этих энергий будет равна работе*, которую совершит при этой электрическое поле: $A = W_2 - W_1$.



Работа, совершаемая полем при перемещении заряда из одной точки в другую, равняется разности потенциальных энергий заряда в этих точках

- *Потенциал электрического поля* — физическая скалярная величина, равная отношению потенциальной энергии электрического заряда в данной точке электростатического поля к величине этого заряда:

$$\varphi = \frac{W}{q}.$$

Потенциал — *энергетическая характеристика поля*. В международной системе единиц (СИ) единицей потенциала является вольт (В).

- *Потенциал поля точечного разряда и заряженной сферы* определяется соотношением:

$$\varphi = k\frac{q}{r},$$

где r — расстояние от заряда или центра сферы до данной точки пространства (в случае со сферой эта точка должна располагаться вне сферы), q — величина заряда, $k = 9 \cdot 10^9$ Н·м^2/Кл^2 — постоянный коэффициент. Потенциал внутри сферы в любой точке одинаков и равен потенциалу на ее поверхности:

$$\varphi = k\frac{q}{R},$$

где R — радиус сферы.

- *Работа по перемещению электрического заряда* q из одной точки пространства в другую равна произведению этого заряда на разность потенциалов между этими точками: $A_{12} = q(\varphi_2 - \varphi_1)$.
- *Напряжение* между двумя точками однородного электростатического поля и напряженность этого поля связаны соотношением: $U = Ed$, где d — расстояние между эквипотенциальными поверхностями, которым принадлежат эти точки.

Приступим теперь к решению задач. Как и всегда рекомендую читателю решить их сперва самостоятельно, а полученные решения сравнивать с приведенными в статье. Некоторые

задачи взяты из реальных вариантов ЕГЭ по физике разных лет, а также из пособий, рекомендованных для подготовки к этому экзамену.

Примеры решения задач

Пример 1. При перемещении заряда между точками с разностью потенциалов 1 кВ электрическое поле совершило работу 40 мкДж. Чему равен заряд?

Решение: решаем устно. Из формулы $A_{12} = q(\varphi_2 - \varphi_1)$ получаем, что $q = A / (\varphi_2 - \varphi_1) = 40 \cdot 10^{-6} / 10^3 = 4 \cdot 10^{-8}$ Кл.

Ответ: $4 \cdot 10^{-8}$ Кл.

Пример 2. В однородном электрическом поле напряженностью 60 кВ/м переместили заряд 5 нКл. Перемещение, равное по модулю 20 см, образует угол 60^0 с направлением силовой линии. Найти работу поля, изменение потенциальной энергии взаимодействия заряда и поля и напряжение между начальной и конечной точками перемещения. Дать ответы на те же вопросы для случая перемещения отрицательного заряда.

Решение: работу поля по перемещению заряда можно вычислить по формуле $A = Eql\cos\alpha = 60 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 0.2 \cdot \cos 60^0 = 3 \cdot 10^{-5}$ Дж. Изменение потенциальной энергии в данном случае равно совершенной работе, следовательно: $\Delta W = —A = —3 \cdot 10^{-5}$ Дж (потенциальная энергия уменьшилась). Напряжение определяется через напряженность поля по формуле: $U = Ed = El\cos\alpha$, поскольку в данном случае в заряд перемещали под углом к направлению силовых линий. Итак, $U = 60 \cdot 10^3 \cdot 0.2 \cdot \cos 60^0 = 6000$ В. В случае с отрицательным зарядом значения A и ΔW просто изменят знак.

Ответ: $3 \cdot 10^{-5}$ Дж, $—3 \cdot 10^{-5}$ Дж, 6000 В, $-3 \cdot 10^{-5}$ Дж, $3 \cdot 10^{-5}$ Дж, 6000 В.

Пример 3. Электрон переместился в ускоряющем электрическом поле из точки с потенциалом 200 В в точку с потенциалом 300 В. Найти кинетическую энергию электрона, изменение его потенциальной энергии и приобретенную скорость. Начальную скорость электрона считать равной нулю.

Решение: работу, которую совершило поле при перемещении электрона, находим следующим образом: $A_{12} = q(\varphi_2 - \varphi_1) = 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot (300 — 200) = 1.6 \cdot 10^{-17}$ Дж. Значит изменение потенциальной энергии электрона в поле равно: $\Delta W = —A = —1.6 \cdot 10^{-17}$ Дж. Это уменьшение компенсируется увеличением его кинетической энергии на такое же значение, что

следует из закона сохранения энергии: $E = 1.6 \cdot 10^{-17}$ Дж. Поскольку $E = m\upsilon^2 / 2$, то $\upsilon = \sqrt{(2E / m)} = \sqrt{(2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-17}/9.1 \cdot 10^{-31})} = 6$ Мм/с.

Ответ: $1.6 \cdot 10^{-5}$ Дж, —$1.6 \cdot 10^{-5}$ Дж, 6 Мм/с.

Пример 4. Какую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы его скорость увеличилась от 10 до 30 Мм/с?

Решение**:** изменение кинетической энергии электрона при прохождении такой разности потенциалов можно найти из соотношения: $\Delta E = m\upsilon_2^2 / 2 — m\upsilon_1^2 / 2 = 8 / 18 \cdot 9.1 \cdot 10^{-31} \cdot (30 \cdot 10^{6})^2 = 3.6 \cdot 10^{-16}$ Дж. Это же изменение по закону сохранения энергии равняется работе, которую совершило при этом электрическое поле: $E = —A = -3.6 \cdot 10^{-16}$ Дж. Используя соотношение, записанное в самом начале, получаем: $\varphi_2 - \varphi_1 = A / q = -3.6 \cdot 10^{-16}/ 1.6 \cdot 10^{-19} = -2250$ В.

Ответ: -2250 В.

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

Вариант 1

№1

Какую работу совершает электростатическое поле при перемещении заряда 20 нКл из точки с потенциалом 700 В в точку с потенциалом 200 В?

№2

Шарик массой 0,1 г перемещается в электростатическом поле из точки А, потенциал которой равен 1000 В, в точку В, потенциал которой равен нулю. Определить скорость шарика в точке А, если в точке В его скорость 20 м/с. Заряд шарика 10 мкКл.

№3

В вертикальном электростатическом поле, созданным двумя разноимёнными горизонтально расположенными пластинами, покоится капелька масла с зарядом, равным элементарному. Определить радиус капельки, если напряжение между пластинами 500 В, а расстояние между ними 0,5 см. Плотность масла считать равной 900 кг/м^3, $V_{шара} = 4\pi R^3/3$.

Вариант 2

№1

В однородном электростатическом поле перемещают положительный заряд из точки А в точку В. При этом поле совершает работу 20 мкДж. Определить величину заряда, если разность потенциалов между точками равна 500 В.

№2

Двигаясь в электростатическом поле, электрон увеличил свою скорость с 2000 км/с до 3000 км/с. Какова разность потенциалов между начальной и конечной точками пути?

№3

Капелька масла радиусом 1 мкм, несущая на себе заряд двадцати электронов, находится в равновесии в электростатическом поле, созданном горизонтально расположенными разноимённо заряженными пластинами. Напряжение между пластинами 95 В, расстояние между ними 8 мм. Чему равен заряд электрона? Плотность масла принять равной 900 кг/м^3.

Вариант 3

№1

В однородном электростатическом поле напряжённостью 1 кВ/м переместили заряд 25 нКл в направлении силовой линии на 2 см. Найти изменение потенциальной энергии взаимодействия заряда и поля.

№2

Какую скорость приобрёл электрон, пролетающий расстояние между точками электрического поля с разностью потенциалов 3000 В? Начальная скорость электрона равна нулю.

№3

Заряженная капелька нефти радиусом 2 мкм несёт заряд в 3 электрона. Расстояние между горизонтально расположенными разноимённо заряженными пластинами, где «висит» капля, 8 мм. Каково напряжение между пластинами? Плотность нефти 800 кг/м^3, $V_{шара} = 4\pi R^3/3$.

Вариант 4

№1

Электрон в кинескопе телевизора ускоряется из состояния покоя разностью потенциалов 5 кВ и пролетает по горизонтали расстояние 5 см. Чему равна напряжённость электростатического поля?

№2

Отрицательно заряженная частица массой 5,6 нг вылетает из точки, потенциал которой 600 В, со скоростью 12000 км/с в направлении линий напряжённости. Определите потенциал точки, дойдя до которой частица остановилась.

№3

Три точечных заряда по 20 нКл каждый расположены вдоль прямой на расстоянии 2 см друг от друга. Какую работу нужно совершить, чтобы расположить эти заряды в вершинах равностороннего треугольника?

Практическая работа №19 по теме: Решение задач с профессиональной направленностью по теме Конденсаторы

Цель: систематизировать знания по разделу «Электрическая емкость. Конденсаторы. Соединение конденсаторов. Энергия заряженного конденсатора», 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 (Δq), переносимого через поперечное сечение проводника за интервал времени (Δt), 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 ρ) 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 (ρ) 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 x I ; $P=I^2\times R$;

Электродвижущая сила (ЭДС)

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

ξ=A/q

СИ: *В*

Закон Ома для полной цепи

Сила тока (*I*) в полной цепи равна отношению ЭДС (*ξ*) 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 (ξ_1, ξ_2, ξ_3, …), то полная ЭДС цепи (ξ) равна алгебраической сумме ЭДС отдельных элементов.

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

Параллельное соединение источников тока

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

$\xi = \xi_1 = \xi_2 = \xi_3 = \ldots$

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:

$R_{пар}$ = 6 Ом

$R_{посл}$= 27 Ом

Решение:

При последовательном соединении двух проводников

$R_{посл} = R_1 + R_2 = 27\ Ом$.

При параллельном соединении

R_1R_2= ?

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

$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 6\ Ом$,

$R_1 R_2 = 6(R_1 + R_2) = 6R_{посл}$.

Подставляем числовые значения:

$R_1 R_2 = 6 \cdot 27 = 162\ Ом^2$.

Ответ: $162\ Ом^2$.

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 Ом

R_2 = 4 Ом

I_1 = 1 А

I_2 = 2 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:

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

ε= ?

Произведя алгебраические преобразования, получаем:

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

$r = R_1 - 2R_2 = 2$ Ом.

$\varepsilon = I_1(R_1 + 2) = 1(10 + 2) = 12$ В.

Ответ: 12 В.

Пример 3.

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

Дано:

r= 2 Ом

ε= 6В

R= 8 Ом

Решение:

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

$Q = I^2Rt$.

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:

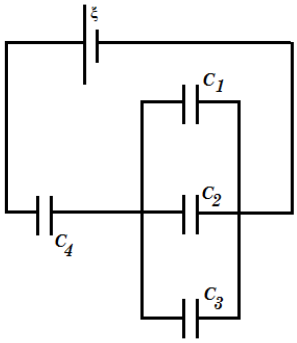
$$\frac{Q}{t} = 0{,}6^2 \cdot 8 = 2{,}88 \text{ Дж}.$$

Ответ: 2,88 Дж.

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

Вариант 1

1. Пластины воздушного конденсатора площадью 500см^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?



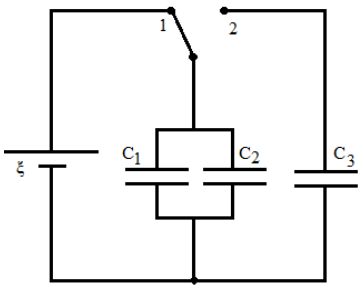
2. Плоский воздушный конденсатор заряжен до разности потенциалов 100В. какова будет разность потенциалов между обкладками, если конденсатор опустить в жидкий диэлектрик с диэлектрической проницаемостью 2?

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

Вариант 2

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

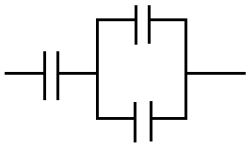
2. Конденсаторы емкостью 1мкФ и 2мкФ заряжены до разности потенциалов 20В и 50В соответственно. После зарядки конденсаторы соединены одноименными полюсами. Определить разность потенциалов между обкладками конденсаторов после их соединения. Какое количество теплоты выделится в результате соединения конденсаторов?



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

Вариант 3

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



2. Вычислить емкость системы конденсаторов. Емкость каждого конденсатора 5мкФ.

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

Вариант 4

1. При сообщении проводнику заряда 8мКл его потенциал стал равен 200В. определить емкость проводника.

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

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

Практическая работа №20 по теме: Решение задач по разделу Электростатика

Цель: систематизировать знания по разделу.

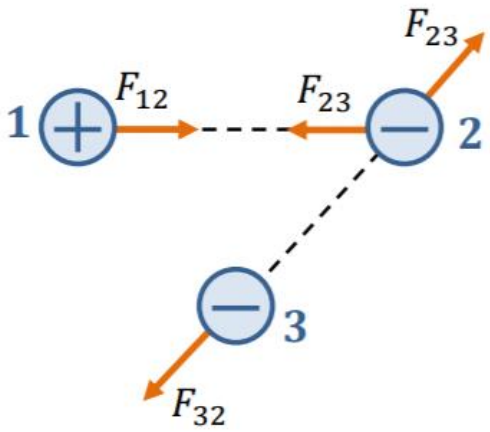
Порядок выполнения работы:

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

Теоретическая часть

Кулону экспериментально удалось установить закон взаимодействия неподвижных заряженных тел.

При этом оказалось, что заряды одного знака отталкиваются, а заряды разных знаков притягиваются.



Чем ближе к друг другу находятся заряды, тем взаимодействие между ними сильнее , чем дальше - тем слабее

Взаимодействие зарядов происходит через электрическое поле.

Электрическое поле - форма материи, посредством которой осуществляется электрическое взаимодействие заряженных тел, оно окружает любое заряженное тело. Обнаружить его можно только по воздействию на другие заряженные тела.

При трении некоторых нейтральных тел (например, стекла и бумаги, пластмассы и шерсти) электроны переходят от одного тела к другому. Нарушается равенство сумм положительных и отрицательных зарядов, вследствие чего тела заряжаются. Процесс зарядки тел называется электризацией.

Способы электризации:

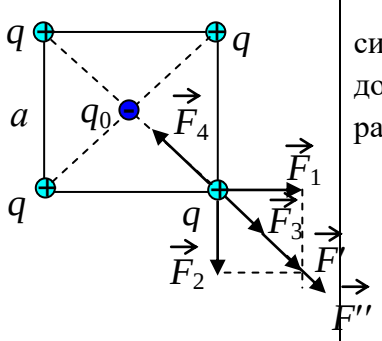
1. Электризация за счет трения — при этом электроны переходят с одного тела на другое.

2. Электризация за счет влияния — при этом заряды перераспределяются внутри тела без перехода между телами.

Если тела одинаковые, то заряд при их соприкосновении делится пополам.

Примеры решения задач

Задача 1. Четыре одинаковых положительных точечных заряда $3\cdot10^{-9}$ Кл находятся в вершинах квадрата. Найдите величину заряда, помещенного в центр квадрата, при котором система находится в равновесии. Ответ представьте в нанокулонах и округлите до десятых.

Дано:	**Решение:**
$q = 3\cdot10^{-9}$ Кл q_0 = ?	 Так как по условию задачи система находится в равновесии, то должно выполняться условие равновесия. $\sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i = 0.$

Так как заряды в вершинах квадрата одинаковы, расстояние между ними одинаковы, то и силы, действующие на эти заряды, будут одинаковы. Поэтому на рисунке для простоты расставим силы только на один заряд. Чтобы вся система находилась в равновесии, в центр квадрата необходимо поместить отрицательный заряд.

Сила, действующая на заряд, называется кулоновской силой и определяется она по закону Кулона.

$$F_к = k\frac{|q_1||q_2|}{\varepsilon r^2},$$

где k – const, ε - диэлектрическая проницаемость среды. Так как среда в задаче не указана, считаем, что ε = 1, r – расстояние между зарядами.

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0},$$

π = 3,14, ε_0 - электрическая постоянная.

$$\varepsilon_0 = 8{,}75\cdot10^{-12}\,\frac{Ф}{м}.$$

Тогда, подставив численные значения, получим значение k.

$$k = \frac{1}{4\cdot3{,}14\cdot8{,}85\cdot10^{-12}} = 9\cdot10^9 (м/Ф).$$

Пусть сторона квадрата будет a.

Из рисунка видно, что

$$F_1 = F_2 = k\frac{q^2}{a^2}. \quad F_3 = k\frac{q^2}{2a^2} = 0{,}5\,k\frac{q^2}{a^2}. \quad F_4 = 2k\frac{|q||q_0|}{a^2}.$$

Сначала просуммируем силы F_1 и F_2.

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}'.$$

В скалярном виде результирующая сила находится по теореме Пифагора.

$$F' = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = F_1\sqrt{2} = 1{,}4\,\frac{kq^2}{a^2}.$$

Теперь удобно сложить силы F_3 и F'. Они направлены по одной прямой в одну сторону. Следовательно, их результирующая F'' будет равна их скалярной сумме.

$$F'' = F' + F_3 = 1{,}4\,\frac{kq^2}{a^2} + 0{,}5\frac{kq^2}{a^2} = 1{,}9\,\frac{kq^2}{a^2}.$$

Осталось сложить две силы F_4 и F''. Эти силы в сумме должны давать ноль (условие равновесия). Согласно рисунку они направлены по одной прямой в противоположные стороны. Значит, модули этих сил должны быть равны.

$$2\frac{k|q||q_0|}{a^2} = 1{,}9\,\frac{kq^2}{a^2}.$$

$$2|q_0| = 1{,}9\,q.$$

Тогда величина заряда, помещенного в центр квадрата

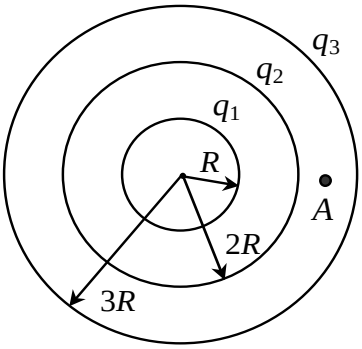
$$|q_0| = 0{,}95\,q.$$

$$|q_0| = 0{,}95\,q.$$

$$q_0 = -0{,}95\,q = -0{,}95\cdot 3\cdot 10^{-9} = -2{,}85\cdot 10^{-9}(\text{Кл}) \approx -2{,}9\ (\text{нКл}).$$

Ответ: $q_0 = -2{,}9$ нКл

Задача 2. Точечный заряд q создает на расстоянии R от него электрическое поле с потенциалом $\varphi_1 = 10$ В. Три концентрические сферы радиусами R, $2R$ и $3R$ имеют равномерно распределенные по их поверхностям заряды $q_1 = +2q$, $q_2 = -q$, $q_3 = +q$ соответственно (см. рисунок). Каков потенциал поля в точке А, отстоящей от центра сфер на расстоянии 2,5 R? Ответ представьте в единицах СИ и округлите до десятых.



Дано:	Решение:
$q_0 = q$ $R_1 = R$ $\varphi_0 = 10$ В $q_1 = 2q$ $q_2 = -q$ $q_3 = +q$ $R_A = 2{,}5R$	Потенциал рассчитывается по формуле: $\varphi_0 = \frac{kq_0}{R_1} = \frac{kq}{R}$, (1) где (см. предыдущую задачу) $k = 9\cdot 10^9$(м/Ф). Из формулы (1) выражаем величину заряда q:
$\varphi_A = ?$	

$$q = \frac{\varphi_0 R}{k}. \qquad (2)$$

Выразим все заряды через заданный потенциал φ_0.

$$q_0 = q = \frac{\varphi_0 R}{k}; \quad q_1 = 2q = 2\frac{\varphi_0 R}{k}; \quad q_2 = -q = -\frac{\varphi_0 R}{k}; \quad q_3 = +q = \frac{\varphi_0 R}{k}. \quad (3)$$

Потенциал в точке А равен сумме потенциалов, создаваемых всеми зарядами.

$$\varphi_A = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3. \quad (4)$$

Распишем потенциал для каждой точки с учетом φ_0.

$$\varphi_1 = \frac{kq_1}{\left(\frac{1{,}5+3{,}5}{2}\right)R} = \frac{2kq}{2{,}5R} = \frac{2kq}{2{,}5R} = 0{,}8\varphi_0 = 8 \text{ (В)}.$$

$$\varphi_2 = \frac{kq_2}{\left(\frac{0{,}5+4{,}5}{2}\right)R} = \frac{-kq}{2{,}5R} = -0{,}4\varphi_0 = -4 \text{ (В)}.$$

$$\varphi_3 = \frac{kq_3}{\left(\frac{0{,}5+5{,}5}{2}\right)R} = \frac{kq}{3R} = \frac{1}{3}\varphi_0 = \frac{10}{3} \text{ (В)}.$$

Подставим полученные значения в уравнение (4) и определим потенциал поля в точке А:

$$\varphi_A = 8 - 4 + \frac{10}{3} = 7{,}3 \text{ (В)}.$$

Ответ: $\varphi_A = 7{,}3$ В

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

1. Между двумя точечными заряженными телами сила электрического взаимодействия равна 12 мН. Если заряд одного тела увеличить в 3 раза, а заряд другого тела уменьшить в 4 раза и расстояние между телами уменьшить в 2 раза, то какова будет сила взаимодействия между телами? (Ответ дайте в мН.

2. Между двумя точечными заряженными телами сила электрического взаимодействия равна 24 мН. Если заряд одного тела увеличить в 2 раза, а заряд другого тела уменьшить в 3 раза и расстояние между телами увеличить в 2 раза, то какова будет сила взаимодействия между телами? (Ответ дайте в мН.)

3. Между двумя точечными заряженными телами сила электрического взаимодействия равна 20 мН. Если заряд одного тела увеличить в 4 раза, а заряд другого тела уменьшить в 5 раз и

расстояние между телами уменьшить в 2 раза, то какова будет сила взаимодействия между телами? (Ответ дайте в мН.)

4. Между двумя точечными заряженными телами сила электрического взаимодействия равна 12 мН. Если заряд одного тела увеличить в 2 раза, а заряд другого тела уменьшить в 3 раза и расстояние между телами уменьшить в 2 раза, то какова будет сила взаимодействия между телами? (Ответ дайте в мН.)

5. Два точечных заряда — отрицательный, равный по модулю 3 мкКл, и положительный, равный по модулю 4 мкКл, расположены на расстоянии 1 м друг от друга. На расстоянии 1 метр от каждого из этих зарядов помещают положительный заряд Q, модуль которого равен 2 мкКл. Определите модуль силы, действующей на заряд Q со стороны двух других зарядов. Ответ выразите в мН и округлите до целого числа.

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 №21 по теме: Закон Ома для участка цепи.

Цель: систематизировать знания по разделу «Закон Ома для участка цепи», 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

Определение: *Сила тока I на участке электрической цепи прямо пропорциональна напряжению U на концах участка и обратно пропорциональна его сопротивлению R.*

1. **I — сила тока** (в системе СИ измеряется — Ампер)

- Сила тока в проводнике прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению.
- **Формула:** I=U/R

2. **U — напряжение** (в системе СИ измеряется — Вольт)

- Падение напряжения на участке проводника равно произведению силы тока в проводнике на сопротивление этого участка.
- **Формула:** U=IR

3. **R — электрическое сопротивление** (в системе СИ измеряется — Ом).

- Электрическое сопротивление R это отношение напряжения на концах проводника к силе тока, текущего по проводнику.
- Формула R=U/I

Определение единицы сопротивления — Ом

1 Ом представляет собой электрическое сопротивление участка проводника, по которому при напряжении 1 (Вольт) протекает ток 1 (Ампер).

Примеры решения задач.

Пример 1

Утюг включенный в сеть напряжением 220 В, потребляет ток 1,2 А. Определите сопротивление утюга.

Дано

U = 220 В

I = 1,2 А

Найти

R - ?

Решение

Согласно закону Ома для участка цепи:

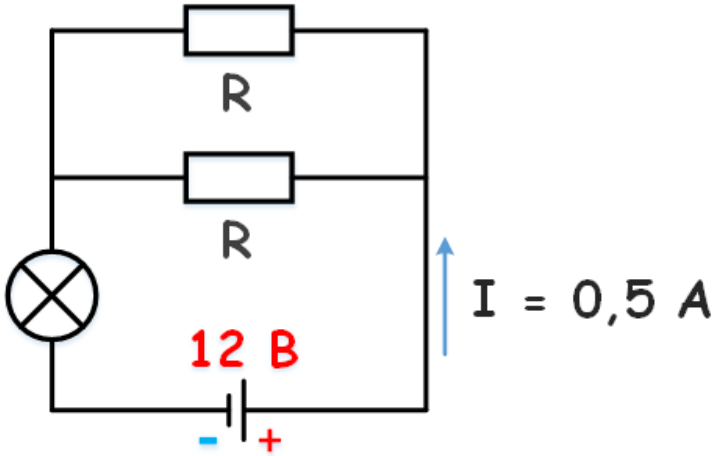
$$I = \frac{U}{R}\text{, отсюда}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{1{,}2} \approx 183{,}3\ \text{Ом}$$

Ответ: R = 183,3 Ом.

Пример 2

К аккумулятору с ЭДС 12 В, подключена лампочка и два параллельно соединенных резистора сопротивлением каждый по 10 Ом. Известно, что ток в цепи 0,5 А, а сопротивление лампочки R/2. Найти внутреннее сопротивление аккумулятора.



Дано

E = 12 В

I = 0,5 А

$R_л$ = Rр/2

$R_р$ = 10 Ом

Найти

r - ?

Решение

Найдем экв. сопротивление двух параллельно соединённых резисторов:

$$R_{экв} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 * 10}{10 + 10} = 5 \text{ Ом}$$

Сопротивление лампочки:

$$R_л = \frac{10}{2} = 5 \text{ Ом}$$

Согласно закону Ома для полной цепи:

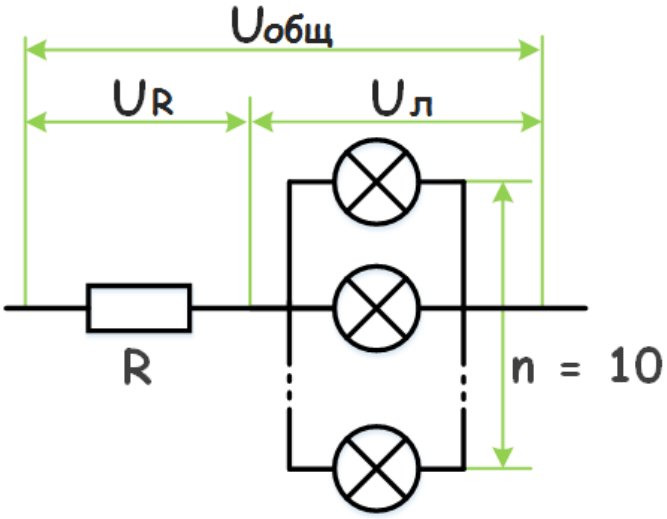
$$I = \frac{E}{R + r}, \text{отсюда}$$

$$r = \frac{E}{I} - R = \frac{12}{0{,}5} - (5 + 5) = 14 \text{ Ом}$$

Ответ: r = 14 Ом.

Пример 3

К участку цепи с напряжением 12 В через резистор сопротивлением 2 Ом подключены десять одинаковых лампочек сопротивлением 10 Ом. Найти напряжение на каждой лампочке.



Дано

$U_{общ}$ = 10 В

$R_р$ = 2 Ом

$R_л$ = 10 Ом

Найти

$U_л$ - ?

Решение

Так как лампочки подключены параллельно, напряжение на них будет одинаковым, согласно закону Ома для участка цепи:

$$I = \frac{U_р}{R_р} \text{ и } I = \frac{U_л}{R_{экв}}$$

При последовательном соединении ток в цепи общий:

$$\frac{U_р}{R_р} = \frac{U_л}{R_{экв}}$$

Выразим Uл через Uобщ:

$$\frac{U_{общ} - U_л}{R_р} = \frac{U_л}{R_{экв}} \text{, отсюда}$$

$$U_л = \frac{U_{общ} R_{экв}}{R_р + R_{экв}}$$

Найдем Rэкв:

$$\frac{1}{R_{экв}} = 10\frac{1}{R_л} \text{, отсюда}$$

$$R_{экв} = \frac{R_л}{10}$$

Окончательно получим:

$$U_л = \frac{U_{общ} R_л}{10\left(R_р + \frac{R_л}{10}\right)} =$$

$$= \frac{12 * 10}{10\left(2 + \frac{10}{10}\right)} = 4В$$

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

1. Участок цепи состоит из стальной проволоки длиной 2 м и площадью поперечного сечения 0,48 мм2, соединенной последовательно с никелиновой проволокой длиной 1 м и площадью поперечного сечения 0,21 мм2. Какое напряжение надо подвести к участку, чтобы получить силу тока 0,6 А.
2. Цепь состоит из трех последовательно соединенных проводников, подключенных к источнику напряжением 24 В. Сопротивление первого проводника 4 Ом, второго 6 Ом, и напряжение на концах третьего проводника 4 В. Найти силу тока в цепи, сопротивление третьего проводника и напряжения на концах первого и второго проводников
3. Электрическую лампу сопротивлением 240 Ом, рассчитанную на напряжение 120 В, надо питать от сети напряжением 220 В. Какой длины нихромовый проводник с площадью поперечного сечения 0,55 мм2 надо включить последовательно с лампой
4. От источника напряжением 45 В необходимо питать нагревательную спираль сопротивлением 20 Ом, рассчитанную на напряжение 30 В. Имеются три реостата, на которых написано: а) 6 Ом, 2 А; б) 30 Ом, 4 А; в) 800 Ом, 0,6 А. Какой из реостатов надо взять.
5. Кабель состоит из двух стальных жил площадью поперечного сечения 0,6 мм2 каждая и четырех медных жил площадью поперечного сечения 0,85 мм2 каждая. Каково падение напряжения на каждом километре кабеля при силе тока 0,1 А

Практическая работа №22 Решение задач по теме Закон Ома для полной цепи

Цель: систематизировать знания по разделу «Закон Ома для участка цепи», 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.

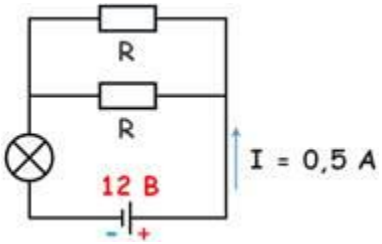
Теоретическая часть

Сила тока в полной цепи равна отношению электродвижущей силы (E) источника к сумме внешнего и внутреннего сопротивлений: I = E/R + r.

Закон Ома для полной цепи описывает, как рассчитывать ток, протекающий через всю электрическую цепь, включая внешнее сопротивление и внутреннее сопротивление источника . Он используется для расчетов цепей, где источник имеет заметное внутреннее сопротивление, и помогает точно учитывать реальное поведение цепи.

Примеры решения задач

Задача 1. К аккумулятору с ЭДС 12 В, подключена лампочка и два параллельно соединенных резистора сопротивлением каждый по 10 Ом. Известно, что ток в цепи 0,5 А, а сопротивление лампочки R/2. Найти внутреннее сопротивление аккумулятора.



Дано
E = 12 В
I = 0,5 А
$R_л = R_р/2$
$R_р$ = 10 Ом

Найти
r - ?

Решение
Найдем экв. сопротивление двух параллельно соединённых резисторов:

$$R_{экв} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 * 10}{10 + 10} = 5 \text{ Ом}$$

Сопротивление лампочки:

$$R_л = \frac{10}{2} = 5 \text{ Ом}$$

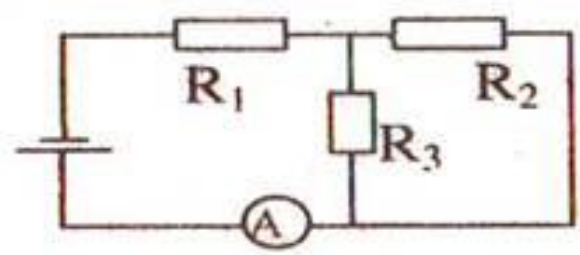
Согласно закону Ома для полной цепи:

$$I = \frac{E}{R + r}, \text{отсюда}$$

$$r = \frac{E}{I} - R = \frac{12}{0,5} - (5 + 5) = 14 \text{ Ом}$$

Ответ: 14 Ом.

Задача 2. В цепи, изображенной на схеме R1 = 2,9 Ом, R2 = 7 Ом, R3 = 3 Ом, внутреннее сопротивление источника равно 1 Ом. Амперметр показывает ток 1 А. Определите ЭДС и напряжение на зажимах батареи.



Найдем общее сопротивление цепи. Резисторы R2 и R3 соединены параллельно, а к ним последовательно присоединен резистор R1.

$$R_{2,3} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}; \;\; R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

$$\varepsilon = I(R + r); \;\; \varepsilon = I\left(r + R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}\right); \;\; \varepsilon = 6\,\text{В}$$

$$U = IR; U = I\left(R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}\right); \;\; U = 5\text{В}.$$

Ответ: 6 В; 5 В

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

1. К источнику с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 1 Ом подключен реостат, сопротивление которого 5 Ом. Найти силу тока в цепи и напряжение на зажимах источника.
2. При подключении лампочки к батарее элементов с ЭДС 4,5 В вольтметр показал напряжение на лампочке 4 В, а амперметр — силу тока 0,25 А. Каково внутреннее сопротивление батареи.
3. В проводнике сопротивлением 2 Ом, подключенном к элементу с ЭДС 1,1В, сила тока равна 0,5 А. Какова сила тока при коротком замыкании элемента
4. Элемент с ЭДС 2,1 В и внутренним сопротивлением 0,2 Ом соединён с реостатом. Определить силу тока в цепи и сопротивление реостата, если напряжение на зажимах элемента 2 В. Какой длины надо взять для изготовления реостата железную проволоку, если площадь сечения 0,75 мм.
5. При подключении к батарее гальванических элементов резистора сопротивлением 9 Ом сила тока в цепи была 1 А, а при подключении резистора сопротивлением 4 Ом сила тока стала 1,5 А. Найдите ЭДС и внутреннее сопротивление батареи.

Критерии оценивания:

1. 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.

2. 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.
3. 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.
4. 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.

Лабораторная работа №7 Определение удельного сопротивления проводника

Цель: научиться опытным и расчетным путем определять удельное сопротивление проводника.

Оборудование

1. Источник тока.
2. Амперметр.
3. Вольтметр.
4. Реостат.
5. Ключ.
6. Соединительные провода
7. Линейка.
8. Штангенциркуль.

Порядок выполнения работы

Выберите правильную формулу для расчета удельного сопротивления:

а) $\rho=\frac{RS}{l}$ б) $\rho=\frac{Rl}{S}$ в) $\rho=\frac{lS}{R}$

Соотнесите физическую величину и единицу измерения в системе СИ (для каждой физической величины только одна единица измерения) ответ занесите в рабочую тетрадь:

Физическая величина	Единицы измерения
Электрическое сопротивление проводника	$м^2$
Длина проводника	Ом×м
Площадь поперечного сечения	м
Удельное сопротивление материала проводника	В
Сила тока	Ом

Напряжение	А
	Ом/м

Из предложенных вариантов выберите те, от которых зависит сопротивление проводника:

a) Длина проводника;
b) Температура;
c) Площадь поперечного сопротивления;
d) Напряжение;
e) Вещество, из которого изготовлен проводник.

Вставьте пропущенные слова в определение:

Удельное электрическое сопротивление – физическая _____, характеризующая _____ вещества препятствовать _____ электрического тока.

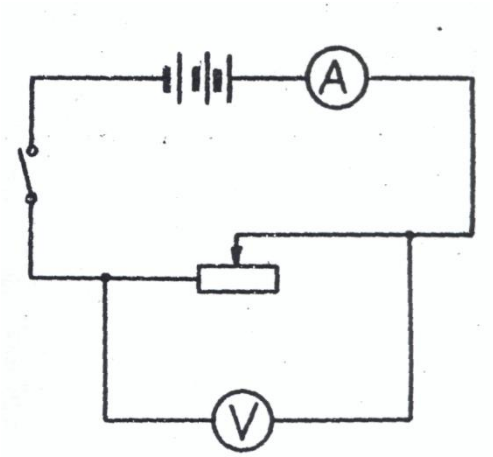
Вспомните основные правила техники безопасности и обратите особое внимание, что необходимо:

1. Приступать к выполнению задания можно только после разрешения преподавателя.

2. Собранная электрическая цепь должна быть проверена преподавателем и замыкается по его разрешению.

3. После окончания работы следует привести в порядок рабочее место, сдать все приборы и принадлежности.

Опытным и расчетным путем определите удельное сопротивление проводника.



Составить электрическую цепь согласно схеме.

Поставить ползунок реостата примерно в среднее положение.

Замкнуть электрическую цепь, снять показания амперметра и вольтметра.

I=

u =

Рассчитать сопротивление проводника по формуле:

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

Штангенциркулем измерить диаметр реостата.

D =

Подсчитать число витков проволоки, введенных в электрическую цепь.

n=

Определить длину провода, по которому течет ток по формуле:

$\ell = \pi \cdot D \cdot n =$

$\pi = 3{,}14$

Измерить линейкой длину части реостата, введенной в электрическую цепь.

$a =$

Найти диаметр проволоки по формуле:

$d = \frac{a}{n} =$

Определить площадь поперечного сечения проволоки по формуле:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} =$$

Рассчитать удельное сопротивление проводника по формуле:

$$\rho_1 = \frac{RS}{\ell} =$$

Ползунок реостата передвинуть в другое положение.

Опыт повторить, начиная с шага № 2.

I =

u =

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

D =

n=

$\ell = \pi \cdot D \cdot n;$

$a =$

$d = \frac{a}{n} =$

$$S = \frac{\pi d^2}{4} =$$

Рассчитать удельное сопротивление по формуле: $\rho_2 = \frac{RS}{\ell} =$

По результатам двух опытов найдите среднее значение удельного сопротивления проводника. $\rho_{cp} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} =$

Найти абсолютную погрешность по формулам:

$$\Delta\rho_1 = \left|\rho_{cp} - \rho_1\right| =$$

$$\Delta\rho_2 = \left|\rho_{cp} - \rho_2\right|$$

$$\Delta\rho_{cp} = \frac{\Delta\rho_1 + \Delta\rho_2}{2}$$

Рассчитать относительную погрешность по формуле:

$$\delta\rho = \frac{\Delta\rho_{cp}}{\rho_{cp}} 100\,\%$$

Результаты всех измерений и вычислений занесите в таблицу.

№ опыта	Сила	Напряжение	Сопротивление	Диаметр реостата	Диаметр проволоки	Число витков	Площадь поперечного сечения	Удельное сопротивление	Относительная погрешность
		u	R	D	d		S	ρ	$\Delta\rho$
		В	Ом	м	м		$М^2$	$Ом \cdot м$	%

Сделайте вывод. Удалось ли вам определить удельное сопротивление проводника. Объясните почему.

Лабораторная работа №8 Изучение закона Ома для участка цепи

Цель работы: установить зависимость между силой тока, напряжением и сопротивлением участка цепи.

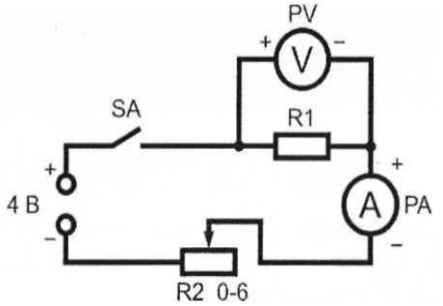
Оборудование: амперметр; вольтметр; резисторы 1Ом, 2Ом, 4Ом; реостат 0-6 Ом; ключ; источник постоянного тока; соединительные провода -7шт.

Ход работы.

1. Подготовьте таблицу для занесения результатов эксперимента.

Резистор	1 Ом	2 Ом	4 Ом
U, В			
I, А			
R, Ом			

2. Соберите цепь по рис. 1, в которую в качестве участка R1 поочерёдно включайте резисторы 1 Ом, 2 Ом, 4 Ом. Напряжение на резисторах регулируйте источником питания и реостатом R2.



3. В каждом из трёх экспериментов значения напряжения на резисторе, силы тока в нём и вычисленное сопротивление участка занесите в таблицу и по ним убедитесь в справедливости формулы закона Ома для участка цепи.
4. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы.

1. Как читается закон Ома для участка цепи?
2. Как определяется напряжение на участке цепи, если известны сила тока в участке и его сопротивление?
3. Как определяется сопротивление участка цепи, если известны сила тока и напряжение?

Практическая работа №23: Решение задач на тему Соединение проводников

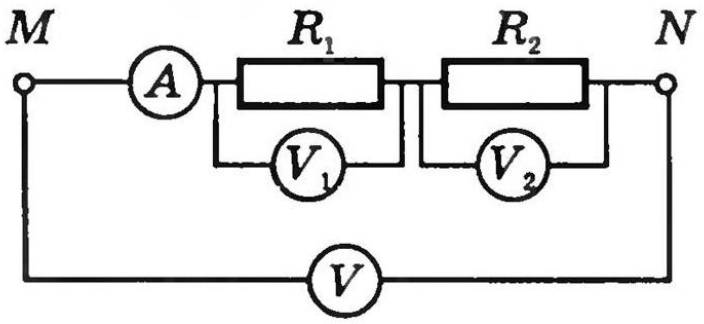
Цель: систематизировать знания по разделу научиться применять полученные знания для решения задач различных типов.

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

Последовательное соединение



В данном случае название говорит само за себя. При таком типе соединения проводников элементы электрической схемы соединены друг за другом, то есть последовательно. Выглядит это просто: конец одного проводника соединяется с началом другого.

В данном случае все резисторы принадлежат единому проводу, который не имеет разветвлений. Это означает, что через любой проводник цепи перетекает один и тот же электроток, то есть сила тока при последовательном соединении будет равна значению на каждом резисторе ($I_{общ}=I_1=I_2=I_3\ldots=I_n$).

Общие сопротивление и напряжение при последовательном соединении складываются из отдельных значений на каждом резисторе (соответственно, $R_{общ}= R_1+R_2+R_3\ldots+R_n$ и $U_{общ}= U_1+U_2+U_3\ldots+U_n$). Но, стоит отметить, что эквивалентное сопротивление повышается с увеличением количества проводников.

Правила последовательного соединения:

1. Если через один проводник протекает электрический ток, то он протекает и через все остальные.
2. Если на одном из проводников отсутствует электроток, то его не будет и на других резисторах.

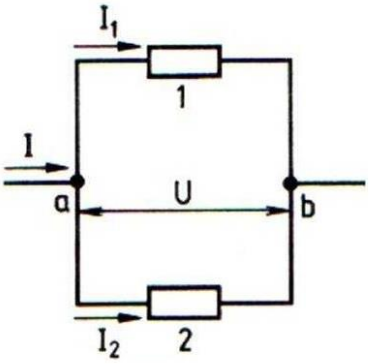
Для лучшего понимания работы компонентов цепи при последовательном соединении стоит привести несколько бытовых ситуаций. Например, при нажатии кнопки электрического дверного звонка раздается нужный звон, но при отпускании кнопки, звон пропадет.

Также примером можно считать функционирование карманного фонарика. В нем лампочка, батарейка и выключатель присоединены последовательно, поэтому лампочка горит тогда, когда выключатель замыкает всю цепь.

Электрический выключатель всегда включается последовательно с тем устройством или прибором, который он должен непосредственно включать/выключать.

Последовательное соединение проводников присутствует в обычной елочной гирлянде, где лампочки загораются друг за другом. Но данный тип не применим, если организуется освещение в доме или квартире, потому что нет необходимости, чтобы все осветительные приборы работали сразу.

Параллельное соединение



При данном типе соединения проводников они подключены параллельно друг к другу, то есть одни концы объединены в одну точку, другие концы – в другую точку. В этом случае каждый резистор цепи будет иметь одинаковое напряжение, но через них будет протекать свой ток.

Основные параметры можно рассчитать, используя формулы: $I_{общ}=I_1+I_2+I_3\ldots+I_n$, $1/R_{общ}= 1/R_1+1/R_2+1/R_3\ldots+1/R_n$, $U_{общ}= U_1=U_2=U_3\ldots=U_n$.

Особенности параллельного соединения:

1. Включение и/или отключение одного элемента электрической цепи не влияет на работу остальных.
2. Все компоненты работают при одном напряжении.

Его используют во всех случаях и подключениях, когда необходимо организовать независимую работу устройств.

Например, так устанавливаются розетки в домах и квартирах. То есть можно включать и выключать приборы независимо от работы других, при поломке или выходе из строя одного элемента параллельной цепи это не скажется на функционировании прочих.

Примеры решения задач

Задача 1. Проводники сопротивлением 20 Ом и 30 Ом соединены последовательно. Напряжение на концах первого проводника равно 12 В. Определите напряжение, сопротивление и силу тока в цепи на втором проводнике, а также полное напряжение.

Решение

По закону Ома:

$$I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{12B}{20Ом} = 0.6A$$

$$U_2 = IR_2 = 0.6A \cdot 30Ом = 18B$$

Для последовательного соединения проводников:

$$U = U_1 + U_2 = 12B + 18B = 30B$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{30B}{0.6A} = 50Ом$$

Ответ: 50 Ом; 18 В; 0,6 А; 30 В.

Задача 2. Два проводника сопротивлением R1 = 20 Ом и R2 = 35 Ом соединены параллельно. Определить эквивалентное сопротивление цепи. Дано: R1=20 Ом; R2=35 Ом. Найти: Rэкв-?

$$\frac{1}{R_{Экв.}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2};$$

$$R_{Экв.} = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2} = \frac{20 \cdot 35}{20 + 35} = 12{,}72\ Ом$$

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

1. Проводники сопротивлением 20 Ом и 30 Ом соединены последовательно. Напряжение на концах первого проводника равно 12 В. Определите напряжение, сопротивление и силу тока в цепи на втором проводнике, а также полное напряжение.
2. Два проводника соединены параллельно. Сила тока в первом проводнике равна 0,5 А, во втором — 1 А. Сопротивление первого проводника составляет 18 Ом. Определите сопротивление второго проводника и силу тока на всём участке цепи.
3. Участок цепи состоит из двух последовательно соединённых сопротивлений, каждое из которых равно 1 Ом. К этим двум резисторам параллельно подключают ещё одно сопротивление, значение которого составляет 2 Ом. Всю эту цепь подключают к источнику тока, который создаёт на концах данного соединения напряжение 2,4 В. Определите силу тока во всей электрической цепи.
4. Два последовательно соединенных проводника сопротивлением 6 и 10 Ом включены в сеть напряжением 48 В. Определите общую силу тока в цепи, силу тока в каждом проводнике, а также напряжение на каждом из них.
5. Два последовательно соединенных проводника сопротивлением 4 и 8 Ом включены в сеть напряжением 24 В. Определите общую силу тока в цепи, силу тока в каждом проводнике, а также напряжение на каждом из них.

Критерии оценивания:

5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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 №24 Решение задач с профессиональной направленностью по теме Соединение проводников

Цель: систематизировать знания по разделу 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

Первый закон Кирхгофа

Формулировка №1: Сумма всех токов, втекающих в узел, равна сумме всех токов, вытекающих из узла.

Формулировка №2: Алгебраическая сумма всех токов в узле равна нулю.

Здесь ток I_1- ток, втекающий в узел , а токи I_2 и I_3 — токи, вытекающие из узла. Тогда применяя формулировку №1, можно записать:

$I_1 = I_2 + I_3$ (1)

Что бы подтвердить справедливость формулировки №2, перенесем токи I_2 и I_3 в левую часть выражения (1), тем самым получим:

$I_1 - I_2 - I_3 = 0$ (2)

Знаки «минус» в выражении (2) и означают, что токи вытекают из узла.

Знаки для втекающих и вытекающих токов можно брать произвольно, однако в основном всегда втекающие токи берут со знаком «+», а вытекающие со знаком «-» (например как получилось в выражении (2))..

Второй закон Кирхгофа.

Формулировка: Алгебраическая сумма ЭДС, действующих в замкнутом контуре, равна алгебраической сумме падений напряжения на всех резистивных элементах в этом контуре.

Здесь термин «алгебраическая сумма» означает, что как величина ЭДС так и величина падения напряжения на элементах может быть как со знаком «+» так и со знаком «-». При этом определить знак можно по следующему алгоритму:

1. Выбираем направление обхода контура (два варианта либо по часовой, либо против).

2. Произвольно выбираем направление токов через элементы цепи.

3. Расставляем знаки для ЭДС и напряжений, падающих на элементах по правилам:

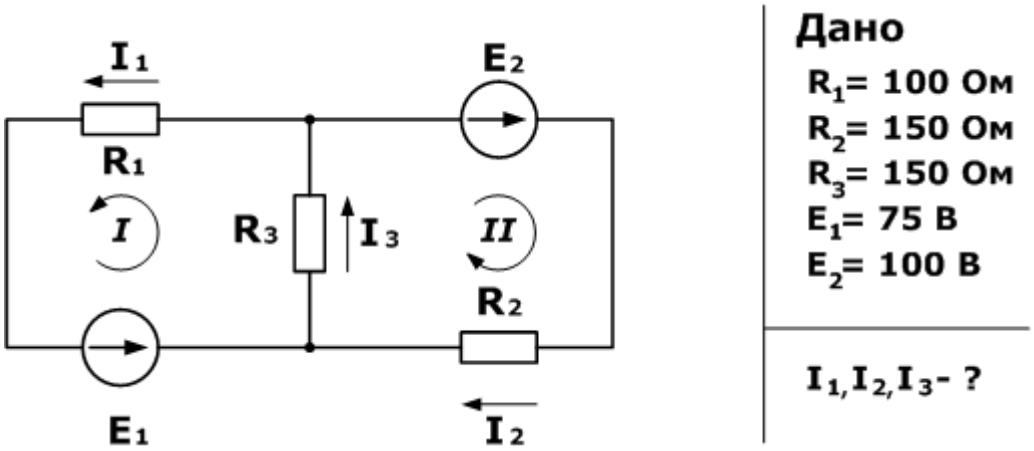
- ЭДС, создающие ток в контуре, направление которого совпадает с направление обхода контура записываются со знаком «+», в противном случае ЭДС записываются со знаком «-».

- напряжения, падающие на элементах цепи записываются со знаком «+», если ток, протекающий через эти элементы совпадает по направлению с обходом контура, в противном случае напряжения записываются со знаком «-».

Примеры решения задач

Пример 1

Дана схема, и известны сопротивления резисторов и ЭДС источников. Требуется найти токи в ветвях, используя законы Кирхгофа.



Используя первый закон Кирхгофа, можно записать n-1 уравнений для цепи. В нашем случае количество узлов n=2, а значит нужно составить только одно уравнение.

Напомним, что по первому закону, сумма токов сходящихся в узле равна нулю. При этом, условно принято считать входящие токи в узел положительными, а выходящими отрицательными. Значит для нашей задачи

$$I_3 - I_1 - I_2 = 0$$

Затем используя второй закон (сумма падений напряжения в независимом контуре равна сумме ЭДС в нем) составим уравнения для первого и второго контуров цепи. Направления обхода выбраны произвольными, при этом если направление тока через резистор совпадает с направлением обхода, берем со знаком плюс, и наоборот если не совпадает, то со знаком минус. Аналогично с источниками ЭДС.

На примере первого контура – ток I_1 и I_3 совпадают с направлением обхода контура (против часовой стрелки), ЭДС E1 также совпадает, поэтому берем их со знаком плюс.

Уравнения для первого и второго контуров по второму закону будут:

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 = E_1$$

$$R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2$$

Все эти три уравнения образуют систему

$$\begin{cases} R_1 I_1 + R_3 I_3 = E_1 \\ R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2 \\ I_3 - I_1 - I_2 = 0 \end{cases}$$

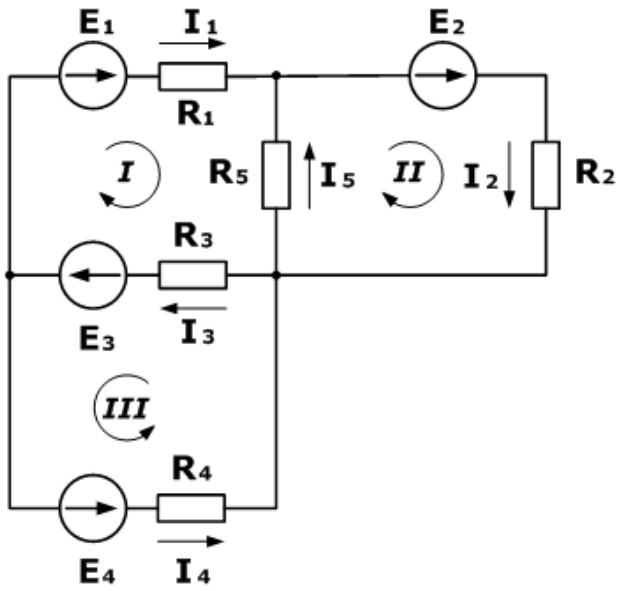
Подставив известные значения и решив данную линейную систему уравнений, найдем токи в ветвях (способ решения может быть любым).

$$\begin{cases} I_1 = 0{,}143 \\ I_2 = 0{,}262 \\ I_3 = 0{,}405 \end{cases}$$

Проверку правильности решения можно осуществить разными способами, но самым надежным является проверка балансом мощностей.

Пример 2

Зная сопротивления резисторов и ЭДС трех источников найти ЭДС четвертого и токи в ветвях.



Дано

R_1= 130 Ом
R_2= 100 Ом
R_3= 150 Ом
R_4= 200 Ом
R_5 = 80 Ом
E_1= 30 В
E_2= 60 В
E_3= 80 В
I_5 = 0,206 А

I_1, I_2, I_3, I_4 - ?
E_4 -?

Как и в предыдущей задаче начнем решение с составления уравнений на основании первого закона Кирхгофа. Количество уравнений n-1= 2

$$I_3 - I_1 - I_4 = 0$$

$$I_5 + I_1 - I_2 = 0$$

Затем составляем уравнения по второму закону для трех контуров. Учитываем направления обхода, как и в предыдущей задаче.

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 - R_5 I_5 = E_1 + E_3$$

$$R_2 I_2 + R_5 I_5 = E_2$$

$$R_3 I_3 + R_4 I_4 = E_3 + E_4$$

На основании этих уравнений составляем систему с 5-ью неизвестными

$$\begin{cases} R_1 I_1 + R_3 I_3 - R_5 I_5 = E_1 + E_3 \\ R_2 I_2 + R_5 I_5 = E_2 \\ R_3 I_3 + R_4 I_4 = E_3 + E_4 \\ I_3 - I_1 - I_4 = 0 \\ I_5 + I_1 - I_2 = 0 \end{cases}$$

Решив эту систему любым удобным способом, найдем неизвестные величины

$$\begin{cases} I_1 = 0{,}229 \\ I_2 = 0{,}435 \\ I_3 = 0{,}645 \\ I_4 = 0{,}416 \\ E_4 = 100 \end{cases}$$

Для этой задачи выполним проверку с помощью баланса мощностей, при этом сумма мощностей, отданная источниками, должна равняться сумме мощностей полученных приемниками.

$$I_1^2R_1 + I_2^2R_2 + I_3^2R_3 + I_4^2R_4 + I_5^2R_5 = E_1I_1 + E_2I_2 + E_3I_3 + E_4I_4$$

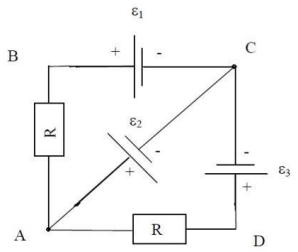
$$126.2 \approx 126.2 \text{ Вт}$$

Баланс мощностей сошелся, а значит токи и ЭДС найдены верно.

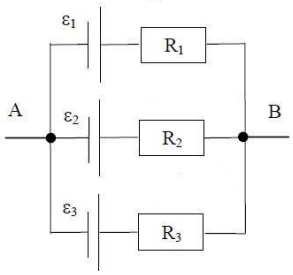
Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

Вариант 1.

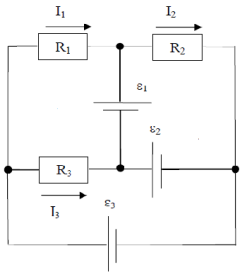
1. Определить силу токов, текущих в ветвях, если ε_1 = 1 В, ε_2 = 2 В, ε_3 = 3 В, R_1 = 1 Ом, R_2 = 2 Ом. Внутренним сопротивлением элементов пренебречь.



2. Три источника тока с ЭДС ε_1 = 11 В, ε_2 = 4 В и ε_3 = 6 В и три реостата с сопротивлениями R_1 = 5 Ом, R_2 = 10 Ом, R_3 = 20 Ом соединены как показано на схеме. Определить силы токов I в реостатах. Внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало.

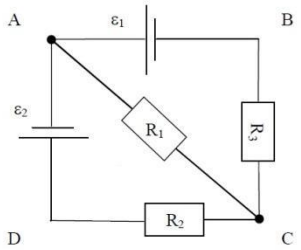


3. На рисунке ε_1 = 10 В, ε_2= 20 В, ε_3 = 40 В, а сопротивления R1=R2=R3=R=10 Ом. Определите силу токов, протекающих через сопротивления. Внутреннее сопротивление источников ЭДС не учитывать.



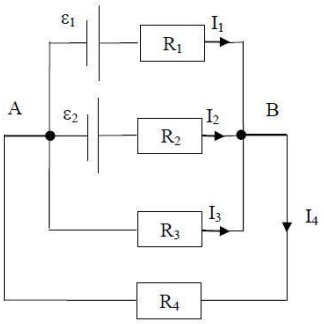
Вариант 2.

1. В схеме представленной на рисунке ε_1 = 2,1 В, ε_2 = 1,9 В, R_1 = 45 Ом, R_2 = 10 Ом, R_3 = 10 Ом. Найти силу тока во всех участках цепи. Внутренним сопротивлением элементов пренебречь.

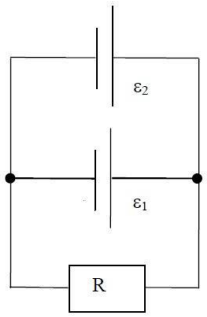


2. Источники тока электродвижущими силами ε_1 и ε_2 включены в цепь, как показано на схеме. Определить силы токов текущих в сопротивлениях R_2 и R_3, если ε_1 = 10 В,

ε_2 = 4 В, а $R_1 = R_4$ = 2 Ом и $R_2 = R_3$ = 4 Ом. Сопротивлениями источников пренебречь.



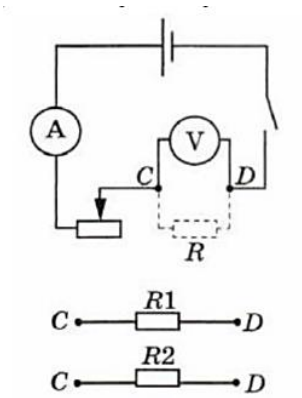
3. Два источника тока ЭДС ε_1 = 2 В и ε_2 = 1,5 В и внутренними сопротивлениями r_1 = 0,5 Ом и r_2 = 0,4 Ом включены параллельно сопротивлению R = 2 Ом. Определите силу тока через это сопротивление.



Лабораторная работа №9 Изучение последовательного и параллельного соединения

Цель урока: проверить справедливость законов электрического тока для последовательного и параллельного соединения проводников.

Оборудование: источник тока, резисторы, амперметр, вольтметр, реостат, соединительные провода, ключ.



Собрали схему из соединенных последовательно источника тока, реостата, амперметра и одного резистора.
Подключили к точкам С, Д вольтметр, параллельно резистору.
Замкнули цепь и измерили силу тока I_1, напряжение U_1
Заменили первый резистор вторым, измерили тока I_2,напряжение U_2.
Подключили между точками С и Д оба резистора последовательно, параллельно им подключили вольтметр. Измерили тока I_3, напряжение U_3.
Соединили резисторы параллельно, подключили их между точками С и Д, затем параллельно им подключили вольтметр. Измерили тока I_4,напряжение U_4.

Результаты измерений записали в таблицу

I_1, А	U_1, В	I_2, А	U_2, В	I_3, А	U_3, В	I_4, А	U_4, В
1	1	0,7	1,75	0,65	2,15	1,05	0,75

Произвели расчеты и заполнили таблицу

R_1= U_1/I_1, Ом	R_2= U_2/I_2, Ом	R_3= U_3/I_3, Ом	R_4= U_4/I_4, Ом	$R_{посл.}$= $R_1 + R_2$, Ом	$R_{пар.}$=R_1R_2/R_1+R_2, Ом
1	2,5	3,31	0,71	3,5	0,71

Сравнили значения эквивалентных сопротивлений при последовательном и параллельном соединении. Они практически равны.

Вычислили абсолютную и относительную погрешность измерений.

Относительная погрешность измерения каждого сопротивления: $\varepsilon_i=\frac{\Delta U}{U}+\frac{\Delta l}{I}$

$$\Delta R_{I=}\varepsilon_i R_I$$

$\varepsilon_i=\frac{\Delta U}{U}+\frac{\Delta l}{I}$
ΔI=0,05A+0,05A=0,1A
ΔU=0,1B+0,05A=0,15B

$\varepsilon_1=\frac{0,15B}{1B}+\frac{0,1A}{1A}$=0,15+0,1=0,25(25%)
ΔR_1=0,25*1=0,25 Ом
R_1=1±0,25 Ом (25%)

$\varepsilon_2=\frac{0,15B}{1,75B}+\frac{0,1A}{0,7A}$=0,085+0,14=0,227(22,7 %)
ΔR_2=0,227*2,5=0,57 Ом
R_2=2,5±0,57 Ом (22,7%)

$\varepsilon_3=\frac{0,15B}{2,15B}+\frac{0,1A}{0,65A}$=0,07+0,14=0,213(21,3 %)
ΔR_3=0,213*3,31=0,704 Ом
R_3=3,31±0,704 Ом (21,3%)

$\varepsilon_4=\frac{0,15B}{0,75}+\frac{0,1A}{1,05A}$=0,2+0,095=0,295(29,5 %)
ΔR_4=0,295*0,71=0,21

R_4=0,71±0,21 Ом(29,5%)

Вывод: в ходе выполнения работы убедились в справедливости законов электрического тока для последовательного и параллельного соединения проводников: значения эквивалентных сопротивлений при последовательном и параллельном соединении с учетом погрешностей соответствуют друг другу: R_3=3,31±0,704 Ом равно $R_{посл.}$=3,5 Ом, R_4=0,71±0,21 Ом равно $R_{пар.}$=0,71 Ом.

Практическая работа №25 по теме: Решение задач с профессиональной направленностью по теме Закон электромагнитной индукции

Цель: Научиться применять основные формулы раздела 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.

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

Δl – длина активной части проводника, B – магнитная индукция, I – сила тока, α – 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 90^0 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:

$$E_i = v B_{\acute{o}} l$$

v – скорость движения проводника, $B_{\acute{o}}$ - 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.

$$\phi = LI$$

Φ – магнитный поток, L – индуктивность, I – сила тока.

Φ 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.
- $E_{si} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$
- Энергия магнитного поля катушки:

$$W_м = \frac{L i^2}{2}$$

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°. Сила тока в проводнике 0,25 А.

Дано:

Δl = 25 см

B = 0,04 Тл

α = 30°

I = 0,25 А

Решение:

На проводник с током в магнитном поле действует сила

$F_A = BI\Delta l \cdot \sin\alpha$.

Подставив значения всех величин согласно условию задачи, получим

F_A = 0,04 Тл • 0,25 А • 0,25 м • 0,5 = 0,00125 Н = 1,25 • 10^{-3} Н.

F_A — ?

Ответ: F_A = 1,25 • 10^{-3} Н.

Пример 2.

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

Решение

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

Φ_1 = 10 мВб = 0,01Вб

Φ_2 = 6 мВб = 0,006Вб

N = 1000

t = 20мс = 0,02с

$e_i = - \ e_i = \ e_i = 1000 \cdot (0{,}006Вб – 0.01Вб) / 0{,}02с =$

$=200В$,

e_I -?

Ответ: $e_i = 200В$

Пример 3.

С какой скоростью надо перемещать проводник, длина активной части которого 80см, под углом 650 к линиям магнитной индукции, чтобы в проводнике возбуждалась ЭДС индукции – 2,5В, если индукция магнитного поля равна 0,4Тл?

Дано

Формула

Решение

$B = 0{,}4$ Тл

$e_i = 2{,}5$ В

$l = 80$ см $= 0{,}8$ м

$\alpha = 65^0$

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

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

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

$= 8{,}62$ м/с

v-?

Ответ: $v = 8{,}62$ м/с

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

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*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 см2, 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*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 №26 Решение задач с профессиональной направленностью по теме Электромагнитные волны

Цель: Закрепить знания по теме 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

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.*

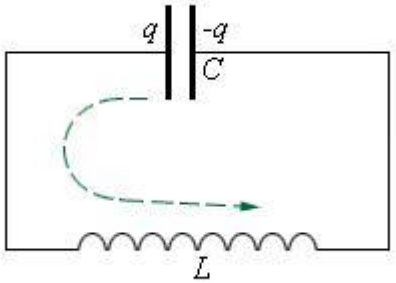
Вынужденными *называются колебания в цепи под действием внешней периодической электродвижущей силы*

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.*

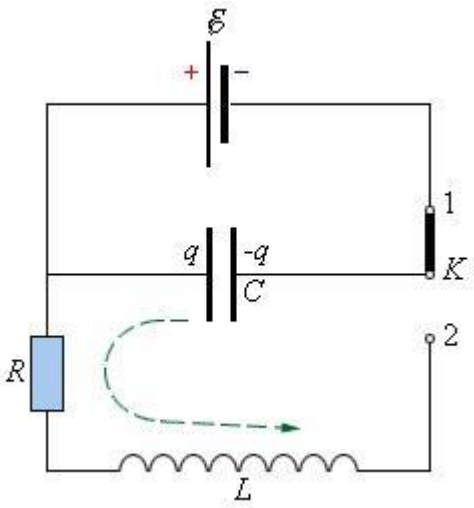
Простейшей электрической системой, способной совершать свободные колебания, является последовательный RLC-контур или колебательный контур.

Колебательный контур – *это система, состоящая из последовательно соединенных конденсатора емкости C, катушки индуктивности L и проводника с сопротивлением R*

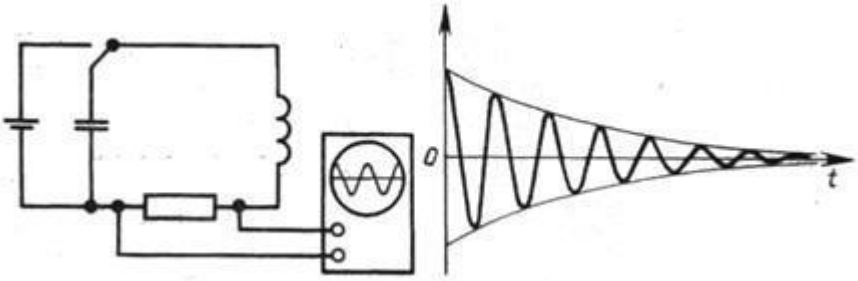
Рассмотрим закрытый колебательный контур, состоящий из индуктивности L и емкости *C.*



Чтобы возбудить колебания в этом контуре, необходимо сообщить конденсатору некоторый заряд от источника *ε*. 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 осцилографе, 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 энерги. 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

$$\varepsilon = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Вследствие самоиндукции в катушке конденсатор разряжается не мгновенно, а постепенно (так как, согламно 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 $W_м$:

$$W = W_м = \frac{LI^2}{2}$$

В следующий момент времени ток течет в том же направлении, уменьшаясь до нуля, что вызывает перезарядку конденсатора. Ток не прекращается мгновенно после разрядки конденсатора вследствии 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.

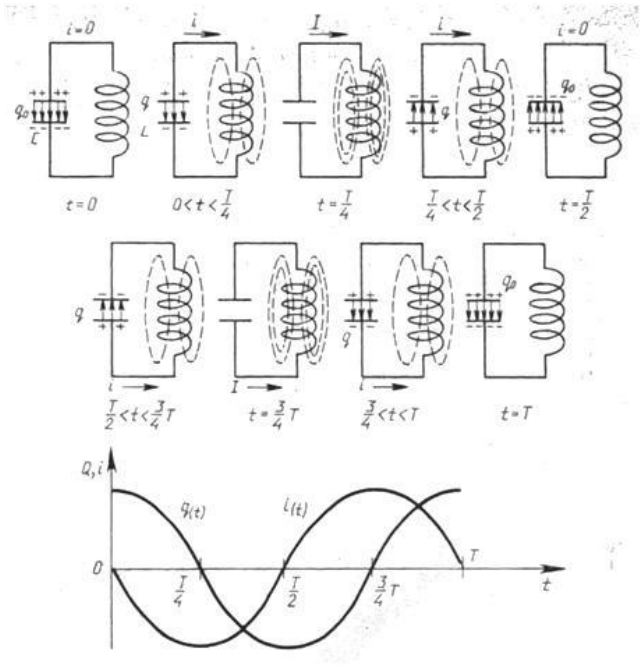


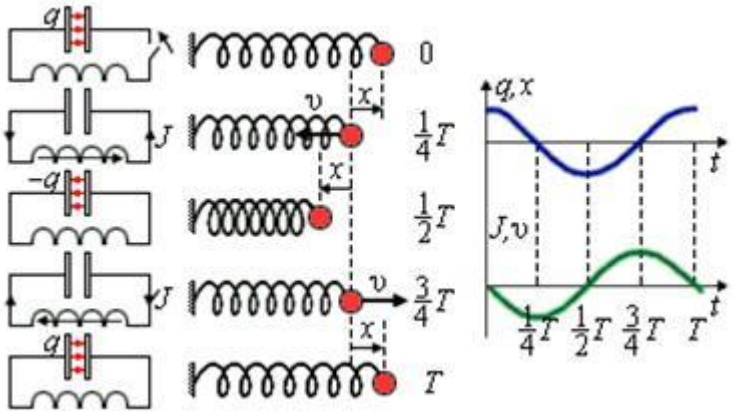
График изменения заряда и силы тока при свободных электромагнитных колебаниях в контуре показывает, что колебания силы тока отстают от колебаний заряда на π/2.

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 $W_э$, 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 $\upsilon(t)$ 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 φ_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:

$i(t) = I_0\cos(\omega_0 t + \pi/2)$

$U(t) = U_0\cos(\omega_0 t + \pi)$

Вспомомним <u>основные характеристики колебательного движения</u>:

q_0, U_0, I_0 - амплитуда – модуль наибольшего значения колеблющейся величины

Т - период – минимальный промежуток времени через который процесс полностью повторяется

ν - Частота – число колебаний в единицу времени

ω - Циклическая частота – число колебаний за 2п секунд

φ - фаза колебаний - величина стоящая под знаком косинуса (синуса) и характеризующая состояние системы в любой момент времени.

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

Вариант 1

1.Возникающая в рамке ЭДС индукции при вращении в однородном магнитном поле изменяется по закону E=12sin100Пt. 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 2мкФ и катушки индуктивностью 500 мГн. Определить частоту собственных колебаний контура.

3.В колебательном контуре индуктивность катушки равна 0,2 Гн, а амплитуда колебаний силы тока равна 40 мА. Найдите энергию электрического поля конденсатора и магнитного опля катушки в тот момент, когда мгновенное значение силы тока в 2 раза меньше амплитудного.

Вариант 2

1.Сила тока в цепи изменяется по закону i=3cos(100Пt+П/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 пФ. Какую индуктивность нужно включить в контур, чтобы получить частоту колебаний равную 400 кГц?

3.В колебательном контуре, где индуктивность катушки равна 0,4 Гн, емкость конденсатора равна 20 мкФ, амплитудное значение силы тока равно 0,1 А. Каким будет напряжение в момент, когда энергия электрического и энергия магнитного поля будут равны? (Колебания считать незатухающими).

Ключи:

1 вариант: 1.12 В, 8,5 В, 100П рад/с, 50 Гц, 0,02 с,100Пt рад,0. 2160 Гц.. 3. 120 мкДж, 40 мкДж.

2 вариант: 1.3 А, 2,13 А, 100П рад/с, 50 Гц, 0,02 с, 100Пt+П/3 рад. 2. 0,8 мГн. 3. 10 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 №27 по теме: Решение задач по теме Геометрическая и волновая оптика

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.

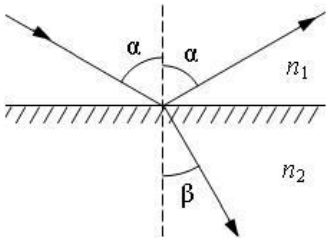
Порядок выполнения работы:

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.



Закон преломления света

Луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости; отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть

величина постоянная и называется относительным показателем преломления второй среды относительно первой:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n_{12}$$

Физический смысл относительного показателя преломления заключается в том, что он равен отношению скоростей света в граничащих средах (экспериментальный факт):

$$n_{12} = \frac{\upsilon_1}{\upsilon_2}$$

Отсюда следует, что

$$n = \frac{c}{\upsilon} \text{ и } n_{12} = \frac{n_2}{n_1}$$

Линза

Линза прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями.

Формула тонкой линзы

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

где D - оптическая сила (измеряется в диоптриях), F - фокусное расстояние линзы, d иf - расстояния от оптического центра линзы до предмета и изображения соответственно.

Дифракционная решетка

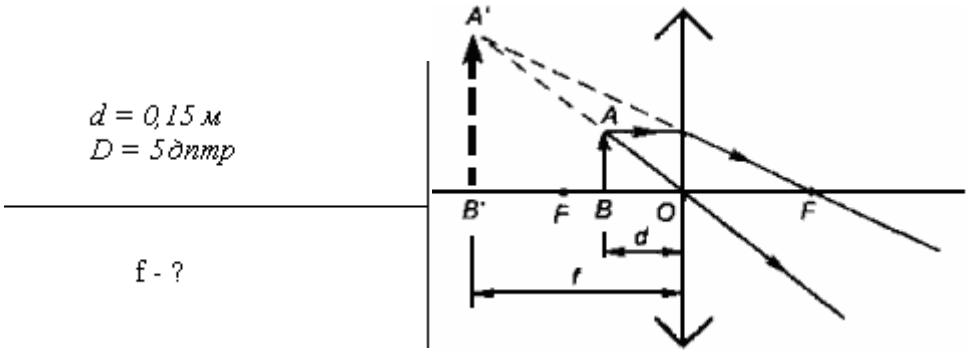
Дифракционная решетка - экран с параллельными щелями равной ширины, разделенными одинаковыми непрозрачными промежутками. Период решетки d - расстояние между серединами соседних щелей.

Максимумы дифракционной картины от решетки даются условием:

$$d\sin\varphi = k\lambda,\ k = 0, \pm1, \pm2, \ldots$$

Примеры решения задач

Пример 1. Определите положение изображения предмета, находящегося на расстоянии 15 см от собирающей линзы с оптической силой 5 дптр.



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

$$f = \frac{d}{1 + Dd}$$

$$f = \frac{0{,}15\,м}{1 + 5\,дптр \cdot 0{,}15\,м} = 8{,}6 \cdot 10^{-2}\,м$$

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 см = 0,3 м

F = 9 см = 0,09 м

Решение:

Применим формулу тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}.$$

Знак «минус» перед $\frac{1}{f}$ ставим потому, что изображение предмета в лупе мнимое. Выражаем *d*:

d_{-} ?

$$\frac{F \cdot f}{F + f} = \frac{0{,}09 \cdot 0{,}3}{0{,}09 + 0{,}3} = 0{,}07\ м = 7\ см.$$

Ответ: 7 см.

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

λ_2= 560 нм

Решение:

Используем формулу дифракционной решетки

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

Если линии в спектрах разного порядка совпадают, это означает, что для них

$\varphi_1 = \varphi_2$ и $\sin\varphi_1 = \sin\varphi_2$.

λ_1- ?

Таким образом, $d \sin\varphi_1 = k_1\lambda_1, d \sin\varphi_2 = k_2\lambda_2$ и $k_1\lambda_1 = k_2\lambda_2$.

$\lambda_1 = \frac{k_2\lambda_2}{k_1}$.

$\lambda_1 = \frac{3 \cdot 560}{4} = 420$ нм.

Ответ 520 нм.

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

α= 2β

Решение:

Применяем закон преломления: $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n$ и

подставляем $\alpha = 2\beta$.

$n = \frac{\sin 2\beta}{\sin\beta} = \frac{2\sin\beta\cos\beta}{\sin\beta} = 2\cos\beta$.

α- ?

$\cos\beta = \frac{n}{2} = \frac{1{,}73}{2} = 0{,}866$

Получаем $\beta = \arccos 0{,}866 = 30°$,

$\alpha = 2\beta = 2 \cdot 30° = 60°$.

Задание: Используя теоретический материал ответьте на вопросы. Варианты распределяет преподаватель.

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...

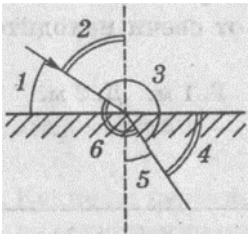
А. Всегда равен углу падения.

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.

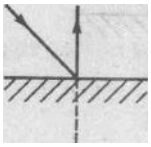
7. Определите по рисунку, какая точка лежит на границе области света и тени.

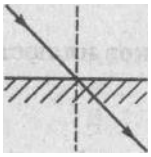
А. 1.

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°. Каков угол падения?

А. 140°. Б. 90°. В. 40°. Г. 130°. Д. 50°. Е. 20°.

Вариант 2

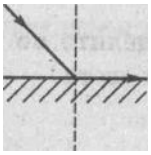
1. Скорость распространения света...

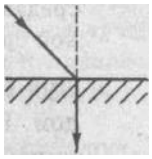
А. Больше в оптически менее плотной среде.

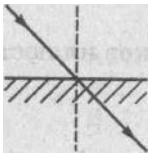
Б. Во всех средах одинакова.

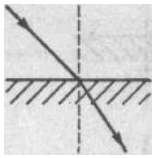
В. Меньше в оптически менее плотной среде.

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...

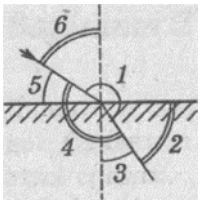
А. Больше или меньше угла падения, в зависимости от оптической плотности среды.

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.

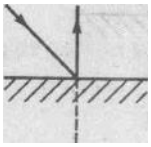
7. Определите по рисунку, какая точка лежит на границе области света и тени.

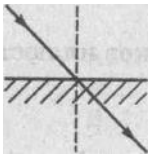
А. 1

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°. Каков угол падения?

А. 140°. Б. 90°. В. 40°. Г. 130°. Д. 50°. Е. 20°.

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.

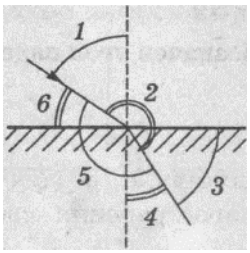
3. Луч света, направленный перпендикулярно границе раздела двух сред ...

А. Преломляется под углом 90°.

Б. Преломляется под углом 45°.

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.

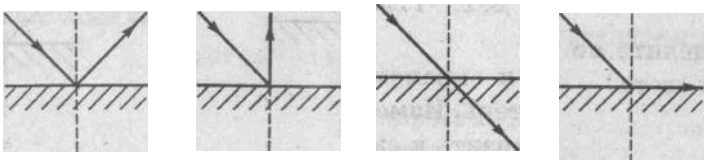
7. Определите по рисунку, какая точка лежит в области тени.

А. 1.

Б. 2.

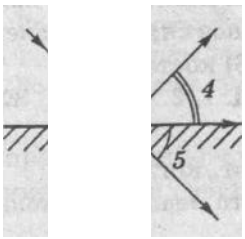
В. 3.

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.

Лабораторная работа № 10. Определение показателя преломления стекла

Цель: Экспериментально определить относительный показатель преломления стекла.

Оборудование**:** Стеклянная пластинка, имеющая форму трапеции, картон, 4 иголки, источник света**.**

Известно, что скорость света в веществе υ всегда меньше скорости света в вакууме с. Отношение скорости света в вакууме с к ее скорости в данной среде υ называется **абсолютным показателем преломления:**

$$n=\frac{c}{v}$$

Также, абсолютный показатель преломления можно выразить через отношение синуса угла падения к синусу угла преломления при переходе луча из вакуума в данную среду:

$$n=\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$$

Словосочетание «абсолютный показатель преломления среды» часто заменяют на «показатель преломления среды».

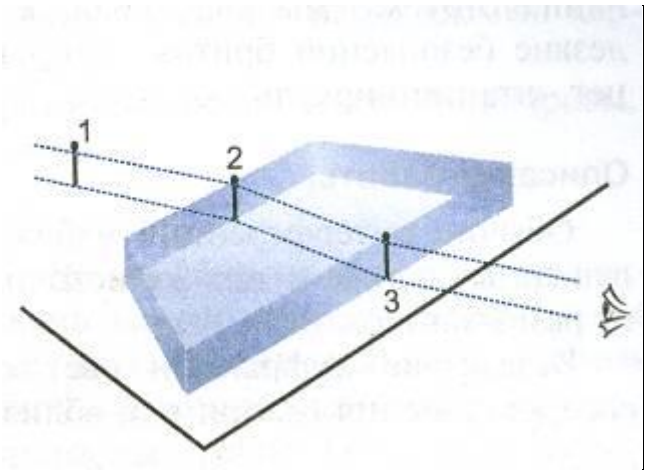
Законы преломления:

1. Отношение синуса угла падения α к синусу угла преломления β есть величина постоянная для двух данных сред.
2. Лучи, падающий и преломленный, лежат в одной плоскости с перпендикуляром, проведенным в точке падения луча к плоскости границы раздела двух сред.

Для преломления выполняется принцип обратимости световых лучей: луч света, распространяющийся по пути преломленного луча, преломившись в точке О на границе раздела сред, распространяется дальше по пути падающего луча. Из закона преломления следует, что если вторая среда оптически более плотная через первая среда,
После прохождения через стеклянную плоскопараллельную пластинку луч света смещается, однако его направление остается прежним. Анализируя ход луча света, можно с помощью геометрических построений определить показатель преломления стекла.

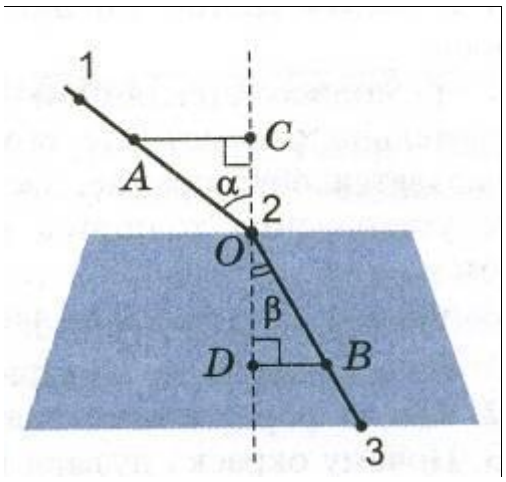
Задание №1.

1. Положите на стол лист картона, а на него – стеклянную пластинку.
2. Воткните в картон по одну сторону пластинки две булавки – 1 и 2 так, чтобы булавка 2 касалась грани пластинки. Они будут отмечать направление падающего луча.
3. Глядя сквозь пластинку, воткните третью булавку так, чтобы она закрывала первые две. При этом третья булавка тоже должна касаться пластины.



Задание №2.

1. Уберите булавки, обведите пластину карандашом и в местах проколов листа картона булавками поставьте точки.
2. Начертите падающий луч 1-2, преломленный луч 2-3, а также перпендикуляр к границе пластинки.
3. Отметьте на лучах точки А и В такие, что ОА=ОВ. Из точек А и В опустите перпендикуляры АС и BD на перпендикуляр к границе пластинки.



Задание №3. Измерив отрезки АС и BD, вычислите показатель преломления стекла, используя следующие формулы:

$$\sin\alpha = \frac{AC}{OA}, \quad \sin\beta = \frac{DB}{OB}, \quad n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{AC}{DB}$$

Задание №4 Повторите опыт еще 2 раза, изменяя каждый раз угол падения. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу:

№ опыта	АС, мм	BD, мм	n

Задание №5. Определить погрешность измерений методом средней арифметической.

$$n_{ср} = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3}$$

Определите абсолютную погрешность:

$$\Delta n_1 = |n_{ср} - n_1|, \quad \Delta n_2 = |n_{ср} - n_2|, \quad \Delta n_3 = |n_{ср} - n_3|$$

$$\Delta n_{ср} = \frac{\Delta n_1 + \Delta n_2 + \Delta n_3}{3}$$

Определите относительную погрешность:

$$\delta\rho = \frac{\Delta n_{ср}}{n_{ср}} \quad 100\%$$

Задание №6 (Дополнительное задание на оценку «Отлично»). Определите, на какой угол отклонится световой луч от своего первоначального направления при переходе из воздуха в воду, если угол падения α = 75°.

Сделайте вывод по проделанной работе.

Контрольные вопросы:

1. Физический смысл абсолютного показателя преломления.
2. Что такое явление полного внутреннего отражения?
3. Где используется явление полного внутреннего отражения?

Практическая работа №28 Решение задач по теме Физика атома и атомного ядра

Цель: уметь решать задачи по теме, применять формулы.

Порядок выполнения работы:

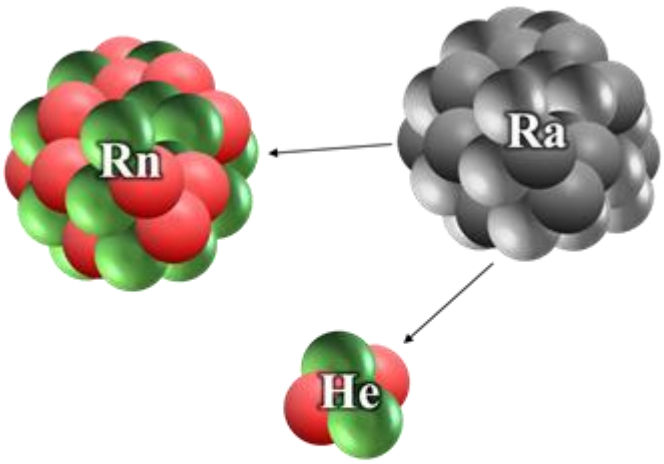
1. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач
2. Рассмотреть примеры решения задач
3. Получить и выполнить индивидуальные задания.

Теоретический материал

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, сопровождающееся 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 α-распада радиоактивный радий превращается в новый химический элемент — радон.



$$^{226}_{88}Ra \longrightarrow ^{222}_{86}Rn + ^{4}_{2}He$$

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 α-излучении, но и при β-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, α-излучение — это поток атомов гелия, потерявших оба своих электрона, и их нет в электронной оболочке атома. А при β-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:

$$^{226}_{88}\mathrm{Ra} \longrightarrow {}^{222}_{86}\mathrm{Rn} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$

Число, которое стоит вверху перед буквенным обозначением ядра, называется массовым числом, а внизу — зарядовым числом (или атомным номером).

Массовое число ядра атома обозначается большой буквой A. Оно с точностью до целых чисел равно числу атомных единиц массы, содержащихся в массе ядра данного химического элемента.

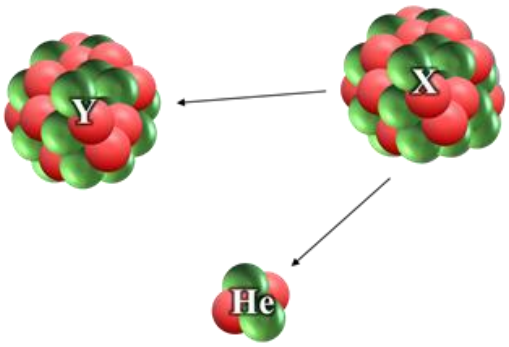
Одна атомная единица массы — это внесистемная единица массы, которая применяется для масс молекул, атомов, атомных ядер и элементарных частиц. Она определяется как 1/12 часть массы свободного покоящегося атома углерода.

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 α- и β-распад. Давайте рассмотрим некоторые их свойства. Итак, мы уже знаем, что α-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 α-распада выделим следующие:

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow ^{A-4}_{Z-2}Y + ^{4}_{2}He$$

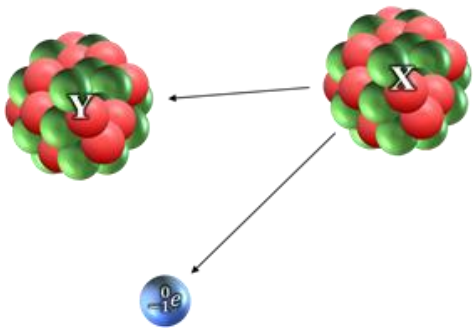


Во-первых, он наблюдается для природных ядер, зарядовое число которых больше 83 (это, так называемые, тяжёлые ядра, поскольку их атомная масса больше 200 а.е.м.).

А во-вторых, энергии и скорости испускаемых α-частиц в пучке очень близки друг к другу.

Как мы говорили на прошлом уроке, β-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.

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow ^{A}_{Z+1}Y + ^{0}_{-1}e$$



Из особенностей β-распада выделим то, что он наблюдается для тяжёлых и средних ядер, а скорости электронов сильно различаются по величине.

Интересно, что изучение β-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 β-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.

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений.

Вариант 1

1. Для нейтрального атома бора $^{10}_{5}B$ определите число нуклонов, протонов, нейтронов и электронов.

2. Полоний $^{210}_{84}Po$ испытывает α-распад. Запишите реакцию этого радиоактивного распада.

3. Ядро атома плутония $^{239}_{94}Pu$ испытывает 3 α- и 2 β- распадов. Какое ядро получилось в результате? Запишите реакции.

Вариант 2

1. Для нейтрального атома алюминия $^{27}_{13}Al$ определите число нуклонов, протонов, нейтронов и электронов.

2. Полоний $^{210}_{84}Po$ испытывает β-распад. Запишите реакцию этого радиоактивного распада.

3. Ядро атома плутония $^{239}_{94}Pu$ испытывает 2 α- и 3 β- распадов. Какое ядро получилось в результате? Запишите реакции.

Вариант 3

1. Для нейтрального атома меди $^{64}_{29}Cu$ определите число нуклонов, протонов, нейтронов и электронов.

2. Плутоний $^{239}_{94}Pu$ испытывает β-распад. Запишите реакцию этого радиоактивного распада.

3. Ядро атома полония $^{210}_{84}Po$ испытывает 3 α- и 4 β- распадов. Какое ядро получилось в результате? Запишите реакции.

Вариант 3

1. Для нейтрального атома калия $^{39}_{19}K$ определите число нуклонов, протонов, нейтронов и электронов.

2. Плутоний $^{239}_{94}Pu$ испытывает α-распад. Запишите реакцию этого радиоактивного распада.

3. Ядро атома полония $^{210}_{84}Po$ испытывает 2 α- и 5 β- 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.

Лабораторная работа №11 Определение заряда электрона

Цель: экспериментально подтвердить утверждение о том, что заряд электрона можно определить, используя явление электролиза.

Оборудование: источник электропитания, медные электроды, амперметр, ключ, весы, соединительные провода, часы с секундной стрелкой, насыщенный раствор медного купороса.

Теоретическая часть

Из закона Фарадея для электролиза следует, что заряд электрона е может быть определен из соотношения: $e = \frac{MIt}{mnN_a}$; где m - масса вещества, выделившегося на катоде, M - его молярная масса, n - валентность этого вещества, N_A - число Авогадро, I - сила тока при электролизе, t - время протекания тока.

Таким образом, для определения заряда электрона указанным способом достаточно измерить три величины: *m, I и t.*

Электрическая схема экспериментальной установки для выполнения работы показана на рисунке 1. В качестве электролита используют водный раствор медного купороса. В

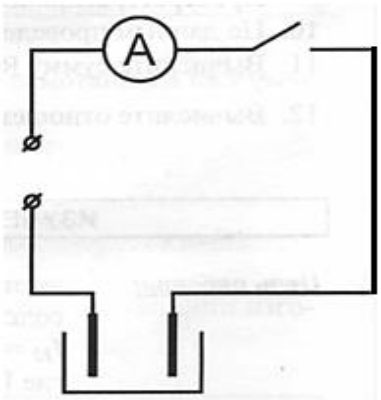


Рис 1

кювету устанавливают два медных электрода на расстоянии 3 - 4 см один от другого. Один электрод соединяют через ключ с отрицательным полюсом источника электропитания, другой - через амперметр с положительным. При этом обращают внимание на то, чтобы к положительному полюсу источника была подключена клемма амперметра, помеченная знаком "+". Массу вещества, выделившегося на катоде, определяют взвешиванием электрода до и после опыта: если до опыта масса электрода была m_1, а после опыта m_2, то $m = m_1 - m_2$.

Силу тока определяют амперметром. Так как в ходе опыта величина тока может меняться, то в формулу (1) подставляют ее среднее значение $I_{ср}$.

Для определения среднего значения силы тока, показания амперметра записывают с интервалом в одну минуту на протяжении всего опыта. Затем все значения тока складывают и полученную сумму делят на количество замеров. Время измеряют часами с секундной стрелкой.

Ход работы

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

I,A	$I_{ср}$,*A*	*m, кг*	m_1, *кг*	m_2, *кг*	*t, с*	*e, Кл*
I_1=__; I_2=__; I_3=__; I_4=__; I_5=__; I_6=__; I_7=__; I_8=__; I_9=__; I_{10}=__; I_{11}=__; I_{12}=__; I_{13}= __; I_{14}=__; I_{15}=__;						

2. Измерьте массу m_1 электрода, который в последствии будет подключен к отрицательному полюсу источника электропитания(катод).

3. Соберите электрическую цепь. Электроды подключают к цепи, вставляя их отогнутые лепестки в прорези штекеров соединительных проводов.

4. Проверьте правильность сборки цепи и надежность крепления соединительных поводов.

5. Подключите источник питания к электросети и заполните кювету раствором медного купороса.

6. Замкните ключ и одновременно с этим начните отсчет времени. Запишите первое показание амперметра I_1

7. На протяжении 15-20 минут с интервалом в одну минуту измеряйте и записывайте величину силы тока в цепи.

8. Через 15-20 минут с момента замыкания ключа разомкните его, отключите источник электропитания и разберите цепь.

9. Промойте и высушите катод.

10. Вычислите среднее значение силы тока $I_{ср}$.

11. Измерьте массу катода m_2.

12. Вычислите массу осевшей на катоде меди: $m = m_1 – m_2$.

13. Определите по формуле (1) величину заряда электрона.

14. Запишите вывод о проделанной работе

Контрольные вопросы:

1. По полученным лабораторным данным определите электрохимический эквивалент меди.

2. Вычислите точность экспериментального расчета заряда электрона, рассчитав относительную погрешность по формуле $\varepsilon_{\text{е}} = \frac{2\Delta m}{m_1 - m_2} + \frac{\Delta I}{I_{\text{ср}}} + \frac{\Delta t}{t}$; где $\Delta m = \Delta_{\text{и}} m + \Delta_{\text{отс}} m$. Инструментальная погрешность весов $\Delta_{\text{и}}$ составляет 0,01 г. Погрешность отсчета массы $\Delta_{\text{отс}}$ принять равной цене деления шкалы (1 мг). $\Delta t = 1\text{с}$, ΔI – принять равной цене деления амперметра. Вычислите абсолютную погрешность значения заряда электрона $\Delta e = e_{\text{эксп}} \cdot \varepsilon_{\text{е}}$. Запишите полученное экспериментальное значение заряда электрона в доверительном интервале ($e_{\text{эксп}} \pm \Delta e$) Кл.

3. При никелировании металлической пластины в течение 2, 5 ч отложился слой никеля толщиной 0, 03 мм. Определить плотность тока j, если молярная масса никеля — 0,0587 кг/моль, валентность n = 2, плотность никеля $8{,}9 \cdot 10^3$ кг/м³.

Практическая работа №29 Решение задач по теме Строение и развитие Вселенной

Цель: уметь решать задачи по теме, применять формулы.

Порядок выполнения работы:

4. Внимательно прочитать теоретическую часть и план решения задач

5. Рассмотреть примеры решения задач

6. Получить и выполнить индивидуальные задания.

Теоретический материал

Изучение Вселенной, даже только известной нам её части, является грандиозной задачей. В прошлом люди наблюдали за происхождение звёзд ,придумывали им названия , старались изучить их, и понять как они устроены . Чтобы получить те сведения, которыми располагают современные ученые, понадобилось много труда. Предки помогли нам хоть чуть-чуть узнать о космосе, но в современно время мы узнали чуть больше ,чем предки, но каждый

день появляются новые гипотезы и сведенья о появление новой звезды, новой черной дыры и о другом.

Процесс эволюции Вселенной происходит очень медленно. Ведь Вселенная во много раз старше астрономии и вообще человеческой культуры. Зарождение и эволюция жизни на земле является лишь маленьким звеном в эволюции Вселенной. И всё же исследования, проведенные в нашем веке, приоткрыли нам занавес далекого прошлого.

Вселенная эволюционирует, бурные процессы происходили в прошлом, происходят сейчас и будут происходить в будущем.

Цель:

Узнать как эволюционировала Вселенная

Задачи:

Рассмотреть теории и гипотезы о возникновения Вселенной

Изучить строение Вселенной

Вселе́нная — не имеет строгого определенного понятия в астрономии и философии. Оно делится на две сущности: умозрительную (философскую) и материальную

Она представляет собой все существующее пространство. Галактики, звезды, планеты – все это часть необъятной Вселенной. (приложение 1 рис.1)

Среди всех теорий о происхождении Вселенной эта появилась самой первой. Очень хорошая и удобная версия, которая, пожалуй, будет иметь актуальность всегда. Кстати, многие ученые физики, несмотря на то что наука и религия часто представляются понятиями противоположными, верили в Бога.

Пожалуй, самая распространенная и наиболее признанная модель происхождения нашей Вселенной - это теория Большого взрыва.

На данный момент теория Большого взрыва является наиболее логичным предположением о том, как возникла Вселенная. Она объясняет появление объектов, физических законов, материй и всего того, что находится в космосе.

Предположительно, все началось с небольшой сингулярности огромной плотности, для которой не существовало времени. В определенный момент она начала расти с огромной скоростью, порождая пространство, физические законы, гравитацию и т.д. Долгое время температура внутри была настолько высокой, что образование каких-либо частиц было невозможным. Через 380 тыс. лет она снизилась до 3000К, и тогда начали формироваться субатомные частицы, которым на смену вскоре пришли полноценные атомы. А через миллиарды лет из пылевых облаков они превратились в звезды, планеты, астероиды.

Термин «сверхновая» описывает взрывы с выделением большого количества энергии в момент, когда определённые звёзды достигают определённой стадии развития. Сверхновые

могут сиять ярче целых галактик, и разрушать всё, что находится в сотне световых лет от них. (приложение1.рис.2)

Но сверхновые – не просто удивительное природное явления. Это самые важные явления, необходимый для развития сложной материи и в том числе, жизни.

Судьба одиночного светила зависит от его начальной массы. Звезды образуются в результате гравитационного коллапса газовых облаков, состоящих в основном из молекулярного водорода и гелия (один атом He на 12 атомов H2), следовых количеств более тяжелых элементов и твердых пылевых частиц. Коллапс завершается рождением протозвезды, которая имеет шанс превратиться в полноправное светило. Для этого в ее ядре должно начаться устойчивое термоядерное горение водорода, способное полностью компенсировать потери энергии, уносимой в космос излучением звезды (гелий в этом процессе не участвует, поскольку для его поджога требуются куда большие температуры). Минимальная температура, необходимая для воспламенения водорода, составляет около 3 млн К. Согласно модельным вычислениям, для достижения этого порога масса протозвезды должна превысить 0,075 массы Солнца.(приложение2.рис.1)

Сверхновые могут появиться и другими путями. К примеру, хотя большинство белых карликов медленно набирают массу, некоторые звёзды могут получить быстрый прирост массы (например, от столкновения с другой звездой) и быстро преодолеть предел Чандрасекара – так быстро, что они не успеют начать коллапсировать.

Вселенная — это весь материальный мир, разнообразный по формам, которые приобретает материя и энергия. (приложенние1.рис.3)

Вселенная состоит из пустот и галактических нитей, которые можно разбить на сверхскопления, скопления, группы галактик, а затем и на галактики.

Галактические нити — крупнейшие из известных космических структур Вселенной в форме нитей из галактик со средней длиной 50-80 мегапарсек (163-260 миллионов световых лет), лежащие между большими пустотами (войдами). Нити могут формировать «большие стены» — относительно плоские структуры скоплений и сверхскоплений.

Войды (пустота) — участки космического пространства, в которых концентрация галактик в десятки раз меньше средней. Они окаймлены скоплениями и сверхскоплениями галактик. Размеры войдов составляют около 10-30 мегапарсек. Большие войды могут достигать в размерах 150 мегапарсек и вероятно охватывают около 50% объема Вселенной.

Галактики

Что такое галактика? – Основная структурная единица во Вселенной, галактика содержит — 150 — 200 миллиардов звезд; звездные системы разного вида, которые состоят из звезд, газовых и пылевых туманностей и межзвездного рассеянного вещества.

Есть одиночные галактики, но обычно они предпочитают располагаться группами. Как правило это 50 галактик, которые занимают в диаметре 6 миллионов световых лет. Группа Млечного Пути насчитывает больше 40 галактик.

Скопления – это область с 50-1000 галактиками, которые могут достигать размеров в 2-10 мегапарсек (диаметр). Интересно заметить, что их скорости невероятно большие, а значит, должны преодолевать гравитацию. Однако они все же держатся вместе.

Обсуждения темной материи появляется на этапе рассмотрения именно галактических скоплений. Считается, что тмено она создает ту силу, которая не дает возможности галактикам разлететься в разные стороны.

Порой группы объединяются, тем самым формируя сверхскопление. Это одни из крупнейших вселенских структур. Наибольший представитель – Великая Стена Слоуна, которая растянулась на 500 миллионов световых лет в длину, 200 миллионов световых лет в ширину и 15 миллионов световых лет в толщину.

Интересный факт

Млечный Путь состоит примерно из 10 миллиардов звезд. Свету, чтобы добраться из одного конца галактики в другой, требуется 100 тысяч лет.(приложение1.рис.4.)

Звезды распределены в галактиках неравномерно, в разных частях имеются плотные скопления, напоминающие шар. Также есть пространства, где на протяжении многих световых лет нет ни одного светила.

Вокруг большинства звезд находятся планеты, обладающие уникальным внешним видом, атмосферой и другими особенностями. Также вокруг некоторых имеются спутники – небольшие космические объекты, удерживаемые за счет притяжения.

Со́лнечная систе́ма — планетная система, включает в себя центральную звезду — Солнце — и все естественные космические объекты, вращающиеся вокруг Солнца. Она сформировалась путём гравитационного сжатия газопылевого облака примерно 4,57 млрд лет назад. (приложение1.рис.5)

В центре системы располагается Солнце, состоящее из гелия и водорода. Температура на его поверхности составляет примерно 6000 градусов Цельсия, а размеры сферы во много раз больше, чем у других объектов, находящихся в области его притяжения. Звезда относится к желтым карликовым.

Интересный факт: Солнце притягивает объекты на дистанции в два световых года. Это примерно 18,9 триллионов километров.

Вокруг светила на разном расстоянии расположены планеты, которые делятся учеными на две группы: земная и газовая.

Поскольку Солнечной системе миллиарды лет, люди могут лишь строить гипотезы о способах ее появления. Наиболее популярной является небулярная теория, выдвинутая учеными Лапласом, Кантом и Сведенборгом в XVIII веке. Она строится на том, что система образовалась за счет гравитационного коллапса одной из частей огромного облака, состоящего из газа и пыли. В будущем гипотеза дополнялась за счет данных, полученных при исследовании космоса.

Сейчас процесс возникновения Солнечной системы описывается следующими шагами:

1. Изначально в этой области вселенной находилось облако, состоящее из гелия, водорода и других веществ, полученных при взрывах старых звезд. В небольшой его части началось уплотнение, ставшее центром гравитационного коллапса. Он постепенно начал притягивать к себе окружающие вещества.

2. Из-за притяжения веществ размеры облака начали уменьшаться, при этом росла скорость вращения. Постепенно его форма превратилась в диск.

3. По мере сжатия увеличивалась плотность частиц на единицу объема, что приводило к постепенному нагреву вещества за счет частых столкновений молекул.

4. Когда центр гравитационного коллапса разогрелся до нескольких тысяч кельвинов, он начал светиться, что означало образование протозвезды. Параллельно с этим, в разных областях диска начали появляться другие уплотнения, которые в будущем послужат гравитационными центрами для образования планет.

5. Финальный этап формирования солнечной системы начался в период, когда температура центра протозвезды превысила несколько миллионов кельвинов. Тогда гелий и водород вступили в реакцию термоядерного синтеза, что привело к появлению полноценной звезды. Остальные уплотнения диска постепенно сформировались в планеты, которые начали вращаться в одном направлении вокруг Солнца, находясь на одной плоскости.

Данный процесс длился очень долгое время, и ученые могут лишь догадываться, сколько лет ушло на формирование Солнечной системы.

Как и все тела в природе, звёзды не остаются неизменными, они рождаются, эволюционируют, и, наконец "умирают". Чтобы проследить жизненный путь звёзд и понять, как они стареют, необходимо знать, как они возникают. В прошлом это представлялось большой загадкой; современные астрономы уже могут с большой уверенностью подробно описать пути, ведущие к появлению ярких звёзд на нашем ночном небосводе(прилодение1.рис.6)

В середине XIX века теории о появлении звезд высказывали многие люди, но самую серьезную гипотезу того времени традиционно связывают с именами Кельвина и Гельмгольца. Изначально предполагалось, что причина свечения Солнца и других звезд очень проста: на них

падает какое-то вещество, при ударе оно нагревается и начинает светиться. Более научными словами, кинетическая энергия превращается в тепловую, а та — в энергию излучения. Дальше эта мысль развивалась: чтобы обеспечить наблюдаемую светимость Солнца, на него должно падать много вещества, и нам должно быть видно, как оно пролетает мимо Земли, но его не обнаружили. Тогда исследователи предположили, что этап падения вещества на Солнце был в прошлом, но в процессе падения накопилась энергия и благодаря ей Солнце до сих пор светится.

В рамках физики того времени это было очень удачное предположение: оно было довольно простым и логичным (упало — ударилось — разогрелось — засветилось) и хорошо согласовывалось с данными о светимостях и температурах звезд, которые в то время впервые стали доступными для измерений. Оказалось, что температура и светимость не произвольные величины, а зависят друг от друга. Для большинства звезд большая яркость означает высокую температуру, и, наоборот, чем холоднее звезда, тем она тусклее. В рамках сценария с падением это тоже казалось очень ясным и логичным: яркие и горячие звезды — это те, на которые вещество только-только перестало падать, и они переживают максимум своей светимости, а затем потихоньку станут гаснуть и остывать, превращаясь в тусклые холодные светила.

Не так давно астрономы считали, что на образование звезды из межзвёздного газа и пыли требуются миллионы лет. Но в последние годы были получены поразительные фотографии области неба, входящей в состав Большой Туманности Ориона, где в течение нескольких лет появилось небольшое скопление звёзд. На снимках 1947г. в этом месте была видна группа из трёх звездоподобных объектов. К 1954г. некоторые из них стали продолговатыми, а к 1959г. эти продолговатые образования распались на отдельные звёзды - впервые в истории человечества люди наблюдали, рождение звёзд буквально на глазах этот случай показал астрономам, что звёзды могут рождаться за короткий интервал времени, и казавшиеся ранее странными рассуждения о том, что звёзды обычно возникают в группах, или звёздных скоплениях, оказались справедливыми. (приложение1.рис.7)

Спустя миллиарды лет, когда в пространстве появились атомы и молекулы, под действием гравитации они начали перемещаться относительно друг друга. Этот период ученые назвали Структурной Эпохой.

Уже в первые мгновения после расширения, в пространстве появились простейшие частицы, имеющие световую природу. Примерно через год начинает появляться темная материя. А еще через 380 тыс. лет после снижения температур появляются молекулы, способные образовывать разные вещества.(приложение2.рис.2)

Постепенно частицы сбились в газовые облака огромных масштабов, а еще через некоторое время начали формироваться звезды и планеты, которые обладают взаимным

притяжением. Первые галактики образовались спустя 300 млн. лет с момента Большого взрыва. Однако современный вид они приобрели лишь через 10 млрд. лет.(приложение2.рис.2)

На данный момент Вселенной примерно 13,82 млрд. лет, и ее эволюция далека от завершения. Ученые не сомневаются, что галактики и общая карта пространства еще не раз поменяются, пока не придут к своей конечной форме.

Интересный факт

Существует предположение, что финальным этапом формирования Вселенной будет ее повторное сжатие в единую точку сингулярности, которая снова расширится благодаря Большому взрыву.

Доказательством того, что эволюция Вселенной еще далека от завершения, является реликтовое излучение. Если оно заметно на границах пространства, значит, еще не иссякла энергия, выделенная в момент Большого взрыва. Соответственно, космос продолжает расширяться.

Что такое реликтовое излучение?

Диапазон его частот – от 500 МГц до 500 Ггц. Длина наибольшей волны – 60 сантиметров, а наименьшей – 0,6 миллиметров. Имея такие параметры, реликтовое излучение – оно же микроволновый внегалактический фон – несет в себе огромное количество информации о том, как проходила эволюция Вселенной до того, как начали образовываться галактики и квазары, а также многие другие объекты.

Как показало изучение изотропии, источником излучения не является ни некие точки, ни центр галактик, ни какое-либо место в Солнечной Системе, из чего был сделан вывод, что оно имеет внегалактическое происхождение. Этот факт, к слову, подтвердил гипотезу «горячей Вселенной», что позволяет развивать теорию об эволюции, как она и была принята, далее.

Будущее Вселенной

Есть несколько основных сценариев, по которым будет происходить дальнейшая эволюция Вселенной. Естественно, процесс расширения будет происходить и дальше, поэтому если он будет достаточно равномерен, то энергия рано или поздно будет исчерпана, что, согласно предсказаниям ученых, приведет к тепловой смерти.+

Другой вариант – Большой Разрыв, то есть распад всего, что уже было создано в результате Большого Взрыва. Это произойдет при ускорении расширения Вселенной. Также есть сценарий, предполагающий так называемое Большое Сжатие, которое произойдет, если расширение замедлится, а затем и вовсе сойдет на нет.

Как именно все произойдет, не знает никто. Есть лишь некоторые догадки, гипотезы и теории, а известным остается только одно: время определенно покажет, как дальше будет развиваться наша Вселенная.

Примеры решения задач

Задача 1. Определите скорость, с которой удаляются друг от друга галактики, разделённые расстоянием 10 Мпк.

Решение:

Закон Хаббла: скорости удаления галактик возрастают пропорционально расстоянию до них:

$V = H \cdot R$.

Постоянная Хаббла в настоящее время принимается равной

$H = 70$ км/(с·Мпк).

Задача 2. Принимая постоянную Хаббла H = 75 км/(с * Мпк), определите расстояние до галактики, если красное смещение в ее спектре составляет 10000 км/с.

Решение:

D = v / H = 10000 / 75 = 133 (Мпк) Ответ: 133 Мпк.

Задание: Решите задачи, опираясь на примеры решений

1. Определите скорость удаления друг от друга двух галактик, если расстояние между ними 30 Мпк.
2. На каком расстоянии от нас находится скопление галактик в созвездии Кассиопеи, если это скопление галактик удаляется от Земли со скоростью 2100 км/с?
3. Определите расстояние до скопления галактик в созвездии Дракона, если это скопление удаляется от Земли со скоростью $350 \cdot 10^3$ км/с.
4. С какой скоростью удаляются друг от друга галактики, если они находятся на расстоянии 3 Мпк друг от друга?
5. Прочитайте текст. Используя приводимые ниже слова для справок (список слов избыточен), запишите номера пропущенных слов в том порядке, в котором они должны идти в тексте (возможно изменение окончаний):

Солнечной системой называется система, состоящая из …(а) и обращающихся вокруг него небесных тел. В состав Солнечной системы кроме Солнца входят планеты и их спутники, астероиды, …(б), а так же продукты их распада - …(в), метеорные тела, межпланетная твердая космическая пыль и … (г).

Пространство, занимаемое … (д), пронизывается корпускулярным и … (е) излучением Солнца. Значительно менее интенсивно собственное электромагнитное излучение планет.

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., 2022.
2. Дмитриева В.Ф. Задачи по физике: учеб. пособие. – М., 2022.
3. Дмитриева В.Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля: учебник для образоват. учреждений нач. и сред. проф. образования – М., 2010.
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.