

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Блинова Светлана Павловна

Должность: Заместитель директора по учебно-воспитательной работе

Дата подписания: 24.04.2025 10:08:29

Уникальный программный ключ:

1cafd4e102a27ce11a89a2a7ceb20237f3ab5c65

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Заполярье государственный университет им. Н.М. Федоровского»
Политехнический колледж

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению практических работ
для студентов первого курса по дисциплине
«ФИЗИКА»

для специальности:

23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных
дорожных машин и оборудования (по отраслям).

Методические указания по выполнению практических работ учебной дисциплины «Физика» составлены в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Физика» для специальности:

23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных дорожных машин и оборудования (по отраслям).

Организация-разработчик: Политехнический колледж ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского»

Разработчик: Ивасишина Елена Евгеньевна, преподаватель

Рассмотрено на заседании предметно-цикловой комиссии естественнонаучных и горных дисциплин

Председатель комиссии  Олейник М. В.

Утверждена методическим советом политехнического колледжа ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского» Политехнический колледж.

Протокол заседания методического совета № 4 от « 12 » 03 2025 г.

Зам. директора по УР  Петухова А.В.

Введение

УВАЖАЕМЫЙ СТУДЕНТ!

Методические указания по дисциплине «ФИЗИКА» для выполнения практических работ созданы Вам в помощь для работы на занятиях, подготовки к ним. Приступая к выполнению практической работы, Вы должны внимательно прочитать цель и задачи занятия, ознакомиться с требованиями к уровню Вашей подготовки в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами третьего поколения, краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме практической работы, ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.

Наличие положительной оценки по практическим работам необходимо для получения зачета по дисциплине «ФИЗИКА» или допуска к экзамену, поэтому в случае отсутствия на уроке по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за практическую работу Вы должны найти время для ее выполнения или пересдачи.

Внимание! Если в процессе подготовки к практическим работам или при решении задач у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний в дни проведения дополнительных занятий.

Время проведения дополнительных занятий можно узнать у преподавателя или посмотреть на двери его кабинета.

Желаем Вам успехов!!!

Требования к оформлению и выполнению практических работ.

Методические указания по дисциплине «Физика» предназначены для студентов дневного отделения политехнического колледжа по специальности: 23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных дорожных машин и оборудования (по отраслям).

Содержание работ полностью соответствует действующей программы по физике.

Практические занятия рассчитаны на 36 часов.

При выполнении практической работы студентам рекомендуется:

- использовать учебные пособия, наглядные средства обучения;
- проводить несложные дедуктивные рассуждения;
- обосновывать шаги решения задач;
- формулировать определения математических понятий;
- пользоваться математической терминологией и символикой;
- письменно оформлять решения задач
- пользоваться калькулятором;
- самостоятельно изучать учебный материал.

Все представленные варианты практических работ даны одинаковой степени трудности.

Практическая работа выполняется в сроки, установленные в соответствии с календарно-тематическим планом. За каждую практическую работу студент должен получить положительную оценку.

Итоговой формой изучения дисциплины является экзамен для всех специальностей. Студенты, не выполнившие все практические работы, не аттестуются и к экзамену не допускаются.

Наименование тем	Практические работы
1	2
Тема 1.2 Механическое движение. Ускорение.	Практическая работа № 1. «Равноускоренное и равномерное движение».
Тема 1.4 Взаимодействие. Гравитация.	Практическая работа № 2-3. «Движение под действием сил в механике».
Тема 1.6 Механическая работа.	Практическая работа № 4-5. «Законы сохранения в механике».
Тема 2.3 Уравнение состояния идеального газа.	Практическая работа № 6-7. «Уравнение Клапейрона – Менделеева. Плотность газа. Зависимость средней квадратичной скорости движения молекул газа от температуры».
Тема 3.2 Электрическое поле.	Практическая работа № 8-9. «Закон Кулона. Электрическое поле».
Тема 3.4 Работа, мощность и тепловое действие электрического тока.	Практическая работа № 10. «Закон Ома для участка цепи с э. д. с. Закон Ома для участка цепи без э.д.с.».

Тема 3.5 Электрический ток в электролитах.	Практическая работа № 11. «Первый закон Фарадея. Второй закон Фарадея».
Тема 3.7 Электромагнетизм.	Практическая работа № 12. «Магнитное поле и его характеристики. Сила Ампера. Сила Лоренца».
Тема 3.8 Электромагнитная индукция.	Практическая работа № 13. «Э.д.с. индукции. Э.д.с. самоиндукции. Энергия магнитного поля».
Тема 4.1 Механические колебания и волны.	Практическая работа № 14. «Механические колебания и волны».
Тема 4.2 Электромагнитные колебания.	Практическая работа № 15. «Период и частота переменного тока. Индуктивность и ёмкость в цепи переменного тока».
Тема 4.3 Электромагнитные волны.	Практическая работа № 16. «Излучение. Электромагнитные волны».
Тема 5.3 Линзы. Получение изображений с помощью линз.	Практическая работа № 17. «Оптическая сила линзы. Формулы для сопряжённых точек тонкой линзы».
Тема 5.6 Явления, объясняемые квантовыми свойствами излучения.	Практическая работа №18 «Тепловое действие света. Химическое действие света».

Практическая работа №1.

«Равноускоренное и равномерное движение».

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. 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.

Теоретическая часть

Наименование	В векторном виде	В проекциях на ось Ох	В скалярном виде
Равномерное прямолинейное движение			
Скорость	$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$	$v_x = \frac{\Delta r_x}{t}$	$v = \frac{s}{t}$
Координата (управление движения)	-	$x = x_0 + v_x t$	-
Равноускоренное прямолинейное движение			

Средняя скорость	$\left\langle \vec{v} \right\rangle = \frac{\left\langle \Delta \vec{r} \right\rangle}{t}$	-	-
Мгновенная скорость	$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} \cdot t$	$v_x = v_{0_x} + a_x \cdot t$	$v = v_0 \pm a \cdot t$
Уравнение скорости	-	$v_x = v_{0_x} + a_x \cdot t$	-
Перемещение	$\Delta \vec{r} = \vec{v}_0 \cdot t + \frac{\vec{a} \cdot t^2}{2}$	$\Delta r_x = v_{0_x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}$	$\Delta r = v_0 \cdot t \pm \frac{a \cdot t^2}{2}$
Координата (уравнение движения)	-	$x = x_0 + v_{0_x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}$	-
Криволинейное движение			
Линейная скорость	-	-	$v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R \nu$ $v = \omega R$
Период	-	-	$T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\nu}$
Частота	-	-	$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T}$
Циклическая частота	-	-	$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \nu$
Центростремительное ускорение	-	-	$a_y = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$

Примеры решения задач

Пример 1.

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

Дано:	Решение:
t ₁ =3 ч	Введем следующие обозначения:
t _{пл} =12 ч	L - расстояние между А и В,
t ₂ -?	v _р - скорость течения реки,
	v _л - собственная скорость лодки.

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

$$t_{nl} = \frac{L}{v_p}, \quad (1)$$

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

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

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

$$v_p \cdot t_{nl} = t_1(v_l + v_p),$$

$$\frac{v_l + v_p}{v_p} = \frac{t_{nl}}{t_1} = \frac{12}{3} = 4, \text{ или } v_p = \frac{v_l}{3}.$$

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

$$\text{Из (1)} \Rightarrow L = t_{nl} \cdot v_p = t_{nl} \cdot \frac{v_l}{3}.$$

Подставим полученное выражение для L в (4):

$$t_2 = \frac{3}{2v_l} \cdot t_{nl} \cdot \frac{v_l}{3} = \frac{t_{nl}}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ ч.}$$

Ответ: $t_2 = 6 \text{ ч.}$

Пример 2.

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

Дано:	Решение:
$t=3 \text{ с}$	$s_1 = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad (1)$
$S_1=18 \text{ м}$	$s_2 = v'_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (2)$
$S_2=54 \text{ м}$	
$V_0=?$	где v_0 - начальная скорость движения для первого участка
$a=?$	пути, v'_0 - для второго участка. Так как эти участки являются последовательными, то v'_0 является одновременно конечной скоростью для S_1 .

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

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

Вычитая почленно из полученного выражения (1), получаем:

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

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

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

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

Пример 3.

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

Дано:	Решение:
$t_1 = 1 \text{ с}$	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
$s = \frac{H}{5}$	
H - ?	

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

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

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

где $t = 1 \text{ с}$.

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

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

Подставим полученное выражение в (2):

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

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

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

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

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

Ответ: $H = 442 \text{ м}$.

Индивидуальные задания к практической работе №1.

Вариант №1

1. Тело движется равноускорено с ускорением 1 м/с^2 . Начальная скорость равно нулю. Какова скорость тела через 5 с после начала движения?
2. Велосипедист движется под уклон с ускорением $0,1 \text{ м/с}^2$. Какая скорость будет через 30 с , если его начальная скорость 5 м/с ?
3. Тело движется прямолинейно. В начале и в конце движения модуль скорости одинаков. Могло ли тело двигаться с постоянным ускорением?

Вариант №2

1. С каким ускорением движется трогаящийся с места трамвай, если он набирает скорость 36 км/ч за 25 с ?
2. Автомобиль через 10 с приобретает скорость 20 м/с . С каким ускорением двигался автомобиль? Через какое время его скорость станет равной 108 км/ч , если он будет двигаться с тем же ускорением?
3. Поезд движется с ускорением a ($a > 0$). Известно, что к концу четвертой секунды скорость поезда равно 6 м/с . Что можно сказать о пути, пройденном за четвертую секунду: будет этот путь больше, меньше или равен 6 м ?

Вариант №3

1. Поезд, отходя от станции, набирает скорость 15 м/с за 1 мин . Каково его ускорение?
2. Отъезжая от остановки, автобус за 10 с развил скорость 10 м/с . Определите ускорение автобуса. Каким будет ускорение автобуса в системе отсчета, связанной с равномерно движущимся автомобилем, проезжающим мимо остановки автобуса со скоростью 15 м/с ?
3. Два поезда идут навстречу друг другу: один – разгоняется в направлении на север; другой – тормозит в южном направлении. Как направлены ускорения поездов?

Вариант №4

1. За какое время автомобиль, трогаясь с места с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$, приобретает скорость 20 м/с ?
2. Тело движется равноускоренно. Сколько времени оно будет двигаться в том же направлении, что и в начальный момент, если $v_{0x} = 20 \text{ м/с}$, $a_x = -4 \text{ м/с}^2$?

3. Ось ОХ направлена вдоль траектории прямолинейного движения тела. Что вы можете сказать о движении, при котором: а) $v_x < 0$, $a_x > 0$; б) $v_x < 0$, $a_x < 0$; в) $v_x > 0$, $a_x = 0$

Вариант №5

1. Зависимость скорости от времени при разгоне автобуса задана формулой $v_x = 0,6t$. Найти скорость автобуса через 5 с.
2. За 1-ю секунду равноускоренного движения скорость тела увеличилась с 3 м/с до 5 м/с. Каково ускорение тела? Какой станет скорость к концу 3-й секунды?
3. Ось ОХ направлена вдоль траектории прямолинейного движения тела. Что вы можете сказать о движении, при котором: а) $v_x > 0$, $a_x > 0$; б) $v_x > 0$, $a_x < 0$; в) $v_x < 0$, $a_x = 0$

Вариант №6

1. Скорость автомобиля за 10 с уменьшилась 54 км/ч до 36 км/ч. Определите ускорение автомобиля.
2. Тело движется равноускоренно без начальной скорости. Через 7 с после начала движения $v_x = 6$ м/с. Как найти скорость тела в конце 14-ой секунды после начала движения, не вычисляя ускорения?
3. Нет ли ошибки в следующем описании прямолинейного движения: на первом этапе движения $v_x > 0$, $a_x = 0$; на втором - $v_x > 0$, $a_x > 0$; на третьем - $v_x < 0$, $a_x > 0$; и наконец, на четвертом этапе $v_x < 0$, $a_x = 0$? Обоснуйте свой ответ.

Вариант №7

1. Какой путь прошел вагон поезда за 15 с, двигаясь с ускорением $0,3 \text{ м/с}^2$, если его начальная скорость была 1 м/с?
2. Двигаясь равноускоренно вдоль прямой, за 20 с тело прошло путь 6 м. В процессе движения скорость тела возросла в 5 раз. Определите начальную скорость тела.
3. Самолет затрагивает на разбег 24 с. Рассчитайте длину разбега самолета и скорость в момент отрыва, если на половине длины разбега он имел скорость, равную 30 м/с.

Вариант №8

1. Гору длиной 50 м лыжник прошел за 10 с, двигаясь с ускорением $0,4 \text{ м/с}^2$. Чему равна скорость лыжника в начале пути?

2. Шарик, скатываясь по наклонной плоскости из состояния покоя, за первую секунду прошел путь 10 см. Какой путь он пройдет за первые 3 с?
3. Поезд, трогаясь из состояния покоя, движется равноускоренно. На первом километре скорость поезда возросла на 10 м/с. На сколько возрастет скорость на втором километре пути?

Вариант №9

1. Автомобиль начинает движение из состояния покоя с постоянным ускорением. За первые 10 с он проходит путь 150 м. Чему равно ускорение тела автомобиля?
2. Шайба скользит до остановки 5 м, если ей сообщить начальную скорость 2 м/с. Какой путь пройдет до остановки шайба, если ей сообщить начальную скорость 4 м/с? Ускорение шайбы постоянно.
3. В течение 6 с тело движется равнозамедленно, причем в начале шестой секунды его скорость 2 м/с, а в конце – равна нулю. Какова длина пути, пройденного телом?

Вариант №10

1. Автомобиль, двигаясь равноускоренно с начальной скоростью 5 м/с, прошел за первую секунду путь 6 м. Найдите ускорение автомобиля.
2. В конце уклона лыжник развил скорость 8 м/с. Найдите начальную скорость лыжника и ускорение, с которым он двигался, если весь уклон длиной в 100 м он прошел за 20 с.
3. За первую секунду равнозамедленного движения автомобиль прошел половину тормозного пути. Определите полное время торможения.

Практическая работа № 2-3.

«Движение под действием сил в механике».

Цель: Научиться применять основные формулы для решения задач по определению сил упругости, трения, тяготения.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Основными законами классической динамики являются законы Ньютона. Законы Ньютона следуют из опыта, взаимосвязаны друг с другом, не

подчинены друг другу и справедливы только в инерциальных системах отсчета.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Виды сил:

1. **Сила упругости.** Эта сила возникает при деформации тела.

Свойство силы упругости F таково, что при небольших деформациях Δx , F пропорционально Δx и направлена против деформации. Коэффициент

пропорциональности к носит название коэффициента жесткости. Таким образом,

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

2. **Гравитационная сила.** Известно, что все тела притягиваются друг к другу с силой F пропорциональной массе каждого тела m_1 и m_2 и обратно пропорциональной квадрату расстояния R между телами. $G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}^2$.

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

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

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

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

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{тр max}} = \mu N.$$

В формуле μ — коэффициент трения.

Примеры решения задач

Пример №1.

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

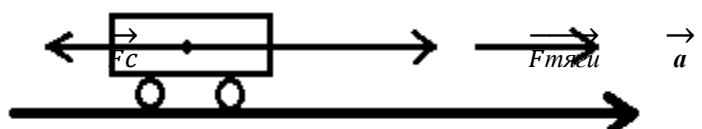
Дано:

$$m=3250\text{т}$$

С.И.

$$3250000\text{кг}$$

Решение:



$$F_{\text{тяг}} = 650 \text{ кН} \quad 650000 \text{ Н}$$

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

$a = ?$

$$F_{\text{тяги}} - F_c = ma$$

$$a = (F_{\text{тяги}} - F_c) / m;$$

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

Ответ: $a = 0,15 \text{ м/с}^2$

Пример № 2.

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

Дано:

Решение:

$$t = 15 \text{ с}$$

$$S = at^2/2; S_x = S; a_x = a;$$

$$v_0 = 0$$

$$a = 2S/t^2$$

$$S = 180 \text{ м}$$

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

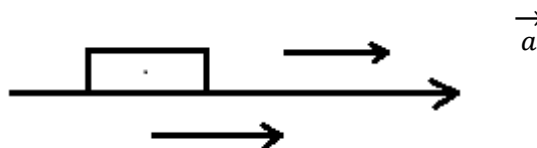
$$t_1 = 30 \text{ с}$$

$$S_1 = at_1^2/2$$

$$a = ?$$

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

$$S_1 = ?$$



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

Пример №3.

Чему равна сила упругости пружины, если она растягивается на 25 см, а ее жесткость равна 200 Н/м ?

Дано:

Решение:

$$k = 200 \text{ Н/м}$$

$$F = k \cdot \Delta x$$

$$\Delta x = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$$

$$F = 0,25 \text{ м} \cdot 200 \text{ Н/м} = 50 \text{ Н}$$

$$F = ?$$

Ответ: 50 Н

Пример №4. Определите ускорение свободного падения на поверхности Марса, если его масса $6,43 \cdot 10^{23}$ кг, а радиус $3,38 \cdot 10^6$ м

Дано:

$$m = 6,43 \cdot 10^{23} \text{ кг}$$

$$r = 3,38 \cdot 10^6 \text{ м}$$

g - ?

Решение:

$$1) g = (G \cdot m) / r^2$$

$$2) G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2 \text{ (постоянная величина)}$$

$$3) g \approx (6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6,43 \cdot 10^{23}) / (3,38 \cdot 10^6)^2 \approx \underline{3,75 \text{ м/с}^2}$$

Пример №5. С каким максимальным ускорением может двигаться достаточно мощный автомобиль, если коэффициент трения скольжения равен 0,3?

Дано:

$$\mu = 0,3$$

$a_{\text{max.}}$ = ?

Решение:

$$ma_{\text{max}} = \mu mg, \quad a_{\text{max}} = mg, \quad a_{\text{max}} = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $a_{\text{max}} = 3 \text{ м/с}^2$

Пример №6. При помощи пружинного динамометра с ускорением 3 м/с^2 , направленным вверх, поднимают груз массой 1 кг. Найти удлинение пружины динамометра, если ее жесткость 800 Н/м.

Дано:

$$a = 3 \text{ м/с}^2$$

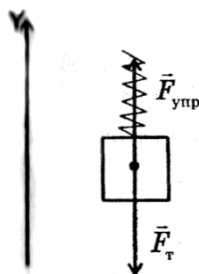
$$m = 2 \text{ кг}$$

$$r = 800 \text{ Н/м}$$

x - ?

Решение:

Изобразим схему действующих на груз сил, прикладывая их к центру тяжести тела.



Запишем второй закон Ньютона в проекции на ось Y:

$$F_{\text{упр}} - F_{\text{т}} = ma.$$

Учитывая, что $F_{\text{упр}} = kx$ и $F_{\text{т}} = mg$, получаем $kx - mg = ma$

Выразим x : $x = \frac{m(g+a)}{k}.$

Подставляем численные значения:

$$x = \frac{2(9,8 + 3)}{800} = 0,032\text{м} = 3,2\text{см}$$

Ответ: $x = 3,2$ см.

Индивидуальные задания к практической работе № 2-3.

Вариант №1

1. К пружине длиной 10 см, жесткость которой 500Н/м, подвесили груз массой 2 кг. Какой стала длина пружины?
2. Конькобежец массой 70 кг скользит по льду. Какова сила трения, действующая на конькобежца, если коэффициент трения скольжения коньков по льду равен 0,02?
3. Два одинаковых шарика находятся на расстоянии 10 см друг от друга и притягиваются с силой $6,67 \cdot 10^{-15}$ Н. Какова масса каждого шарика?
4. Какая сила сообщает телу массой 5 кг ускорение 4 м/с²?
5. Под действием силы 150 Н тело движется прямолинейно так, что его координата изменяется по закону $x=100+5t+0,5t^2$. Какова масса тела?
6. Покоящееся тело массой 400 г под действием силы 8 Н приобрело скорость 36 км/ч. Найти путь, который прошло тело.

Вариант № 2

1. При помощи динамометра ученик перемещал деревянный брусок массой 200 г по горизонтально расположенной доске. Каков коэффициент трения, если динамометр показывал 0,6 Н?
2. Вычислить ускорение свободного падения на расстоянии от центра Земли, вдвое превышающем ее радиус.

3. На шероховатой горизонтальной поверхности лежит тело массой 3 кг. Коэффициент трения скольжения тела о поверхность равен 0,2. Определите равнодействующую силу, которая возникает при действии на тело горизонтальной силы 7 Н.
4. Определите силу, под действием которой тело массой 500 г движется с ускорением 2 м/с^2 .
5. Снаряд массой 15 кг при выстреле приобретает скорость 600 м/с. Найдите среднюю силу, с которой пороховые газы давят на снаряд, если длина ствола орудия 1,8 м. Движение снаряда в стволе считайте равноускоренным.
6. Какую скорость приобрело покоящееся тело массой 500 г, если под действием силы 5 Н оно прошло путь в 80 см?

Вариант №3

1. Радиус планеты Марс составляет 0,53 радиуса Земли, а масса 0,11 массы Земли. Зная ускорение свободного падения на Земле, найдите ускорение свободного падения на Марсе.
2. При движении по горизонтальной поверхности на тело массой 54 кг действует сила трения скольжения 12 Н. Какой станет сила трения скольжения после уменьшения массы тела в 6 раз, если коэффициент трения не изменится?
3. К находящемуся на гладком столе кубику прикреплены две горизонтальные пружины жесткостью 300Н/м и 600 Н/м соответственно. Первая пружина прикреплена к стене, а ко второй пружине приложена горизонтальная сила F . Все тела покоятся. Чему равно удлинение второй пружины, если удлинение первой пружины равно 4 см?
4. Определите массу футбольного мяча, если после удара он приобрел ускорение 500 м/с^2 , а сила удара была равна 420 Н.
5. Найдите проекцию силы F_x , действующей на тело массой 500 кг, если тело движется прямолинейно, и его координата изменяется по закону $x=20-10t+t^2$.
6. На тело массой 100 г в течение 2 с действовала сила 5 Н. Определить модуль перемещения, если движение прямолинейное.

Вариант №4

1. Две пружины жесткостью $0,3 \text{ кН/м}$ и $0,8 \text{ кН/м}$ соединены последовательно. На сколько сантиметров растянулась первая пружина, если вторая растянулась на $1,5 \text{ см}$?
2. Ученик равномерно перемещает деревянный брусок массой 300 г по горизонтальной поверхности с помощью динамометра. Каковы показания динамометра, если коэффициент трения между бруском и доской равен $0,3$?
3. Какой должна быть масса каждого из двух одинаковых кораблей, чтобы на расстоянии 1 км они притягивались с силой 1 мН ?
4. Мяч массой $0,5 \text{ кг}$ после удара, длящегося $0,02 \text{ с}$, приобретает скорость 10 м/с . Найти среднюю силу удара.
5. Водитель автомобиля начал тормозить, когда машина находилась на расстоянии 200 м от заправочной станции и двигалась к ней со скоростью 20 м/с . Какова должна быть сила сопротивления движению, чтобы автомобиль массой 1000 кг остановился у станции?
6. Тело массой 400 г , двигаясь прямолинейно с некоторой начальной скоростью, за 5 с под действием силы $0,6 \text{ Н}$ приобрело скорость 10 м/с . Найти начальную скорость тела.

Вариант №5

1. Чему равна сила тяготения, которая действует на тело массой 4 кг , поднятое над Землей на высоту, равную трети земного радиуса?
2. Для равномерного движения бруска массой 500 г по шероховатой горизонтальной поверхности необходимо приложить силу $F_1 = 1 \text{ Н}$. С каким ускорением будет двигаться брусок под действием силы $F_2 = 3 \text{ Н}$?
3. При сжатии пружины на 5 мм возникает сила упругости 10 кН . Во сколько раз возрастет эта сила, если сжать пружину еще на 15 мм ?
4. Определите массу футбольного мяча, если после удара он приобрел ускорение 500 м/с^2 , а сила удара была равна 420 Н .

5. Найдите проекцию силы F_x , действующей на тело массой 500 кг, если тело движется прямолинейно, и его координата изменяется по закону $x=20-10t+t^2$.
6. На тело массой 100 г в течение 2 с действовала сила 5 Н. Определить модуль перемещения, если движение прямолинейное.

Вариант №6

1. Вес космонавта на Земле 800 Н. Каков его вес в ракете при движении с ускорением $4g$, направленным вертикально вверх?
2. Определите силу упругости нити, которая вызывает движение бруска по горизонтальной поверхности с ускорением, $a=2 \text{ м/с}^2$. Масса бруска $m=0,6 \text{ кг}$, коэффициент трения бруска о поверхность составляет $\mu=0,2$.
3. Жесткость пружины 900 Н/м. груз какой массы надо подвесить к пружине, чтобы она растянулась на 3 см?
4. Сила 60 Н сообщает телу ускорение $0,8 \text{ м/с}^2$. Какая сила сообщит этому телу ускорение 2 м/с^2 ?
5. Лыжник массой 60 кг, имеющий в конце спуска с горы скорость 10 м/с, остановился через 40 с после окончания спуска. Определить модуль силы сопротивления движению.
6. Шарик массой 500 г скатывается с наклонной плоскости длиной 80 см, имея начальную скорость 2 м/с. Определить, какую скорость имел шарик в конце наклонной плоскости, если равнодействующая всех сил, действующих на шарик, равна 10 Н.

Практическая работа № 4-5.

«Законы сохранения в механике».

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

Порядок выполнения работы:

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

Теоретическая часть.

Сила и импульс:

$$\vec{F} \Delta t = m \vec{v}_2 - m \vec{v}_1 = \Delta(m \vec{v}).$$

Закон сохранения импульса:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'.$$

Механическая работа:

$$A = Fs \cos \alpha$$

Мощность:

$$N = \frac{A}{t}.$$

Кинетическая энергия:

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

Теорема о кинетической энергии:

$$A = E_{k2} - E_{k1}.$$

Потенциальная энергия:

$$E_p = mgh; \quad E_p = -G \frac{Mm}{r}; \quad E_p = \frac{kx^2}{2}.$$

Закон сохранения энергии в механических процессах:

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

Примеры решения задач.

Пример №1. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить, на какой

высоте h кинетическая энергия тела будет равна его потенциальной энергии.

Решение:

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

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

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

Запишем закон сохранения механической энергии (сопротивление среды отсутствует)

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

Здесь мы воспользовались (1). Тогда

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

После вычисления

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

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

Пример №2. Тело массой $m = 100$ г падает свободно. Определите изменение импульса этого тела за первые две секунды падения.

Решение: Свободно падая тело через 2 с приобретет скорость

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

Изменение импульса равно $\Delta p = mv - mv_0 = mv = mgt$.

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

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

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

Пример №3. Шарик массой $m_1=1$ кг скользит по идеально гладкой поверхности со скоростью $v_1=4$ м/с и абсолютно упруго сталкивается с

таким же по размеру шариком массой $m_2=3$ кг. Определите скорость шариков после удара?

Решение:

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

$$\text{ОХ: } m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v'$$

$$v' = \frac{m_1 v_1}{(m_1 + m_2)} = 1 \text{ м/с}.$$

Ответ: 1 м/с

Индивидуальные задания к практической работе № 4-5.

Вариант №1

1. Два шара с одинаковыми массами 3 кг движутся во взаимно перпендикулярных направлениях со скоростями 3 м/с и 4 м/с. Чему равна величина полного импульса этой системы?
2. Мальчик тянет санки за веревку с силой 50 Н. Пройдя с санками 100м, он совершает работу 2500Дж. Найдите угол между веревкой и дорогой.
3. Молот массой 1000 кг падает с высоты 1,8 м на наковальню. Длительность удара 0,1 с. Удар неупругий. Определите среднее значение силы удара.
4. Тело движется по прямой. Под действием постоянной силы, равной по модулю 20 Н, импульс тела в инерциальной системе отсчета изменился на 4 кг*м/с. Сколько времени потребовалось для этого?
5. Неподвижная лодка вместе с находящимся в ней охотником имеет массу 280 кг. Охотник выстреливает из охотничьего ружья в горизонтальном направлении. Какую скорость получит лодка после выстрела? Масса пули 8г, а ее скорость при выстреле равна 700 м/с.
6. Автомобиль массой 1000 кг, двигаясь равноускоренно из состояния покоя, за 10 с отъезжает на 260 м. Определите работу силы тяги, если коэффициент трения равен 0,07.

Вариант №2

1. Вагон массой 20 т, движущийся со скоростью 0,3 м/с. догоняет вагон массой 30 т, движущийся со скоростью 0.2 м/с. Найдите скорость вагонов после их взаимодействия, если удар неупругий.
2. С яблони, с высоты 5 м, упало яблоко. Масса яблока 600г. Определите, какой кинетической энергией обладало яблоко в момент касания поверхности Земли.
3. Девочка, масса которой 42 кг, поднялась на второй этаж, который находился на высоте 6 м от поверхности Земли. Определите ее потенциальную энергию.
4. Футбольный мяч обладает кинетической энергией 35 Дж, когда летит со скоростью 54 км/ч. Определите массу мяча.
5. Найдите кинетическую энергию тела массой 5 кг, падающего с высоты 7 м, в тот момент, когда тело находится на высоте 2 м от поверхности Земли.
6. Грузовик массой 3 т ехал со скоростью 72 км/ч. После загрузки его масса увеличилась на 1 т. С какой скоростью должен возвращаться грузовик, чтобы его импульс остался без изменений?

Вариант №3

1. Мальчик везёт санки с постоянной скоростью. Сила трения санок о снег равна 30 Н. Мальчик совершил работу, равную 30 Дж. Определите пройденный путь.
2. Два одинаковых бильярдных шара массами m движутся один со скоростью u , а другой со скоростью $2u$ в перпендикулярном направлении. Чему равен полный импульс системы?
3. Какую работу может совершить до остановки тело массой 1000кг, движущееся со скоростью 36 км/ч? Какая энергия при этом возрастает?
4. Шар массой 300 г, движущийся со скоростью 6 м/с, сталкивается абсолютно неупруго с шаром массой 400 г, который двигался со скоростью 8 м/с в том же направлении. Найдите скорость шаров после удара.

5. Автомобиль массой 1500 кг, двигаясь равноускорено из состояния покоя, за 15 с отъезжает на 450 м. Определите работу силы тяги, если коэффициент трения равен 0,05.
6. Автомобиль, имеющий массу 800 кг, трогается с места и, двигаясь равноускорено, проходит путь 60 м за время 8 с. Найдите мощность, которую развивает автомобиль в конце пути.

Вариант №4

1. При открывании двери пружину жёсткостью 50 кН/м растягивают на 10 см. Какую работу совершает пружина, открывая дверь?
2. В начале спуска лыжник имел скорость 2 м/с, а в конце 10 м/с. Во сколько раз изменился импульс лыжника?
3. Неподвижная лодка вместе с находящимися в ней охотниками имеет массу 250 кг. Охотник выстреливает из охотничьего ружья в горизонтальном направлении. Какую скорость получит лодка после выстрела? Масса пули 8 г, а ее скорость при вылете равна 700 м/с.
4. Шар массой 300 г, движущийся со скоростью 6 м/с, сталкивается абсолютно неупруго с шаром массой 400 г, который двигался со скоростью 8 м/с в том же направлении. Найдите скорость шаров после удара.
5. Автомобиль массой 1500 кг, двигаясь равноускорено из состояния покоя, за 15 с отъезжает на 450 м. Определите работу силы тяги, если коэффициент трения равен 0,05.
6. Автомобиль, имеющий массу 800 кг, трогается с места и, двигаясь равноускорено, проходит путь 60 м за время 8 с. Найдите мощность, которую развивает автомобиль в конце пути.

Вариант №5

1. Спортсмен поднимает гирию массой 16 кг на высоту 2 м, затрачивая на это 0,8 с. Какую мощность при этом развивает спортсмен?
2. Масса автобуса в 3 раза больше массы автомобиля. С какой скоростью должен ехать автомобиль, чтобы его импульс был равнее импульсу автобуса? Скорость автобуса 36 км/ч.

3. Налетев на пружинный буфер, вагон массой $m=16\text{ т}$, двигавшийся со скоростью $v=0,6\text{ м/с}$, остановился, сжав пружину буфера на $x=8\text{ см}$. Найти общую жесткость пружины буфера.
4. Футбольный мяч обладает кинетической энергией 40 Дж , когда летит со скоростью 54 км/ч . Определите массу мяча.
5. Шар массой 300 г , движущийся со скоростью 6 м/с , сталкивается абсолютно неупруго с шаром массой 400 г , который двигался со скоростью 8 м/с в том же направлении. Найдите скорость шаров после удара.
6. Тело движется по прямой. Под действием постоянной силы, равной по модулю 20 Н , импульс тела в инерциальной системе отсчета изменился на 4 кг*м/с . Сколько времени потребовалось для этого?

Вариант №6

1. На тело массой 2 кг , движущегося со скоростью 1 м/с , начала действовать постоянная сила. Каким должен быть импульс этой силы, чтобы скорость тела возросла до 6 м/с ?
2. При растяжении пружины на 10 см в ней возникает сила упругости, равная 25 Н . Определите потенциальную энергию этой пружины при растяжении ее на 6 см .
3. Какую работу надо совершить, чтобы поднять груз массой 30 кг на высоту 10 м с ускорением $0,5\text{ м/с}^2$?
4. Грузовик массой 3 т ехал со скоростью 72 км/ч . После загрузки его масса увеличилась на 1 т . С какой скоростью должен возвращаться грузовик, чтобы его импульс остался без изменений?
5. Найдите кинетическую энергию тела массой 5 кг , падающего с высоты 7 м , в тот момент, когда тело находится на высоте 2 м от поверхности Земли.
6. Неподвижная лодка вместе с находящимся в ней охотником имеет массу 280 кг . Охотник выстреливает из охотничьего ружья в горизонтальном направлении. Какую скорость получит лодка после выстрела? Масса пули 8 г , а ее скорость при выстреле равна 700 м/с .

Практическая работа № 6-7.

«Уравнение Клапейрона – Менделеева. Плотность газа. Зависимость средней квадратичной скорости движения молекул газа от температуры».

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

Порядок выполнения работы:

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

Теоретическая часть.

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

Для идеальных газов справедливы следующие законы:

Закон Бойля — Мариотта описывает изотермический процесс:

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

Закон Шарля описывает изохорный процесс:

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

Закон Гей-Люссака описывает изобарный процесс:

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

Газовые законы являются частными случаями объединенного газового закона:

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

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

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

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

В общем случае все газовые законы описываются уравнением состояния:

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

Учитывая, что

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

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

При решении некоторых задач необходимо знание формулы закона Дальтона:

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

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

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

При этом уравнение Клапейрона — Менделеева для смеси газов:

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

Примеры решения задач.

Пример №1.

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

Дано:	Решение:
$T = \text{const}$	По закону Бойля-Мариотта:
$V_1 = 16 \text{ л}$	$P_1 V_1 = P_2 V_2$
$V_2 = 12 \text{ л}$	$P_2 = \frac{V_1}{V_2} P_1 \Rightarrow P_2 = \frac{4}{3} P_1.$
$\Delta P = 3 \text{ кПа}$	По условию задачи:
$= 3 \cdot 10^3 \text{ Па}$	$P_2 - P_1 = 3 \cdot 10^3.$
$P_1 = ?$	Получаем 2 уравнения:
	$\begin{cases} P_2 = \frac{4}{3} P_1 \\ P_2 - P_1 = 3 \cdot 10^3 \end{cases}$

Решая систему 2-х уравнений, получаем:

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

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

$$P_1 = 9 \cdot 10^3 \text{ Па.}$$

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

Пример №2.

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

Дано:	Решение:
$\vec{v} = 600 \text{ м / с}$	Основное уравнение молекулярно-кинетической
$P = 0,28 \text{ МПа} = 28 \cdot 10^4 \text{ Па}$	теории:
$\mu = 28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$	$P = \frac{1}{3} n m_0 \vec{v}^2.$
$n - ?$	Зная число Авогадро, массу одной молекулы m_0 выразим как:
	$m_0 = \frac{\mu}{N_A}$ и подставим в основное уравнение молекулярно-кинетической теории:
	$P = \frac{1}{3} \frac{n \mu}{N_A} \vec{v}^2, \quad n = \frac{3 P N_A}{\mu v^2},$
	$n = \frac{3 \cdot 28 \cdot 10^4 \cdot 6 \cdot 10^{23}}{28 \cdot 10^{-3} \cdot 600^2} = 5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}.$
	Ответ: $n = 5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}.$

Пример №3.

В комнате объемом 50 м³ находится воздух при температуре 20°C и давлении 10⁵Па. Если температура воздуха повышается до 25°C, то через открытую форточку выйдет масса воздуха, равная ... (в кг).

Дано:	Решение:
$V = 40 \text{ м}^3$	Уравнение Клапейрона-Менделеева для воздуха
$T_1 = 20^\circ \text{C} = 293 \text{ K}$	при двух разных температурах:
$T_2 = 25^\circ \text{C} = 298 \text{ K}$	$PV = \frac{m_1}{\mu} RT_1, \quad PV = \frac{m_2}{\mu} RT_2,$
$\Delta m - ?$	$m_1 = \frac{PV\mu}{RT_1}; \quad m_2 = \frac{PV\mu}{RT_2},$
	$m_1 - m_2 = \frac{PV\mu}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right).$

Молярную массу воздуха берем из справочных

таблиц

$$\mu = 0,029 \text{ кг/моль:}$$

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

Ответ: $\Delta m = 1 \text{ кг.}$

Пример №4.

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

Дано:	Решение:
$m = 16 \text{ г} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$	Определить газ можно по его молярной массе.
$P = 1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па}$	Из уравнения Клапейрона-Менделеева молярная
$T = 112 + 273 = 385 \text{ К}$	масса газа:
$V = 1,6 \text{ л} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$	$\mu = \frac{mRT}{pV}.$
$\mu = ?$	Подставляем значения термодинамических параметров, выраженных в системе СИ:

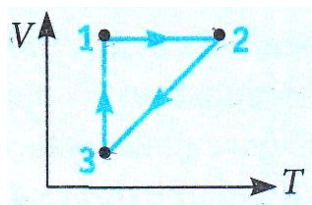
$$\mu = \frac{16 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot 385}{1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 10^6} \approx 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}.$$

Ответ: кислород.

Индивидуальные задания к практической работе № 6-7.

Вариант №1

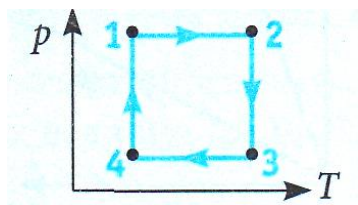
1. Чему равно давление воздуха массой 0,29 кг. Находящегося в баллоне объемом 50 л при 27°С. Молярная масса воздуха равна $29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.
2. На изделие, площадь поверхности которого 52 см^2 , нанесен слой хрома толщиной 1 мкм. Сколько атомов хрома в покрытии?
3. На рисунке в системе координат V, T изображен замкнутый цикл 1231, осуществленный газом постоянной массы. Назовите все процессы. Определите, как выглядит график этого цикла в системе координат p, T .



- При температуре 350 К средняя квадратичная скорость молекулы кислорода 730 м/с. Определить массу молекулы кислорода.
- Чему равна температура газа, если при концентрации $2,75 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$ он создает давление 127,3 кПа?
- Определить давление кислорода, если средняя квадратичная скорость его молекул равна 3450 м/с, а концентрация молекул $3,35 \cdot 10^{27} \text{ м}^{-3}$.

Вариант №2

- Чему равна температура углекислого газа массой 2 кг в баллоне вместимостью 0,04 м³ при давлении 3 МПа. Молярная масса углекислого газа равна $M=44,0 \text{ г/моль}$.
- Сколько молекул содержится в сосуде емкостью 250 см³, если давление газа 566 мм рт.ст., а температура равна 100 °С?
- На рисунке в системе координат p, T изображен замкнутый цикл 1231, осуществленный газом постоянной массы. Назовите все процессы. Определите, как выглядит график этого цикла в системе координат p, V .

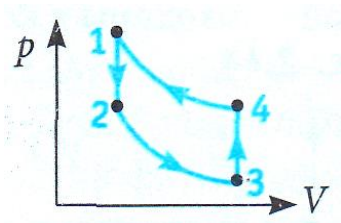


- В сосуде находится газ под давлением 156 кПа при температуре 73° С. Найти концентрацию молекул.
- Определите массу воздуха в классе объемом 3*4*2 м при температуре 28 °С и нормальном атмосферном давлении. Молярную массу воздуха примите равной 0,029 кг/моль.
- В баллоне вместимостью 0,08 м³ находится газ под давлением $1,45 \cdot 10^5 \text{ Па}$ при температуре 440 °С. Какой объем занимал бы этот газ при нормальных условиях ($t=0 \text{ °С}$, $p = 101325 \text{ Па}$).

Вариант №3

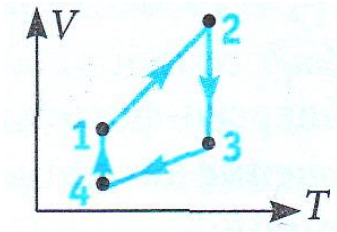
- Чему равна масса углекислого газа объемом 10 л при давлении 0,2 МПа и температуре 20° С? Молярная масса углекислого газа равна $M=44,0 \text{ г/моль}$.

2. Определить давление кислорода, если средняя квадратичная скорость его молекул равна 2780 м/с, а концентрация молекул $3,45 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$.
3. В сосуде находится газ под давлением 168 кПа при температуре 83°С . Найти концентрацию молекул.
4. Найти среднюю квадратичную скорость молекул газа, имеющего плотность $2,85 \text{ кг/м}^3$ при давлении 187 кПа.
5. Определите массу воздуха в классе объемом $3 \cdot 5 \cdot 3 \text{ м}$ при температуре 30°С и нормальном атмосферном давлении. Молярную массу воздуха примите равной $0,029 \text{ кг/моль}$
6. На рисунке в системе координат p, V изображен замкнутый цикл 1231, осуществленный газом постоянной массы. Назовите все процессы. Определите, как выглядит график этого цикла в системе координат V, T .



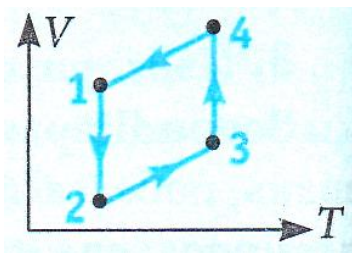
Вариант №4

1. Чему равно давление кислорода массой 0,2 кг, содержащегося в сосуде объемом 20 л при температуре 30°С ? Молярная масса кислорода равна $32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.
2. Кислород находится в баллоне под давлением $2 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Температура в баллоне равна 47°С . Какую плотность имеет кислород?
3. При температуре 290 К средняя квадратичная скорость молекулы кислорода 575 м/с. Определить массу молекулы кислорода.
4. Чему равна температура газа, если при концентрации $3,35 \cdot 10^{27} \text{ м}^{-3}$ он создает давление 124,8 кПа?
5. Определите массу воздуха в классе объемом $3 \cdot 5 \cdot 3 \text{ м}$ при температуре 30°С и нормальном атмосферном давлении. Молярную массу воздуха примите равной $0,029 \text{ кг/моль}$.
6. На рисунке в системе координат V, T изображен замкнутый цикл 1231, осуществленный газом постоянной массы. Назовите все процессы. Определите, как выглядит график этого цикла в системе координат p, T .



Вариант №5

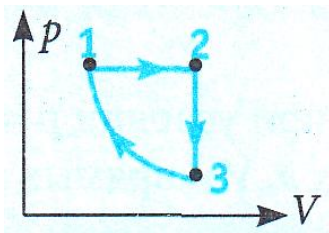
1. Чему равна температура азота массой 2,8 г и объемом 500 см³ при давлении 400 кПа. Молярная масса азота равна $28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.
2. Баллон, содержащий $V_1=0,02$ м³ воздуха под давлением $p_1=4 \cdot 10^5$ Па, соединяют с баллоном емкостью $V_2=0,06$ м³, из которого выкачан воздух. Найти давление p , которое установилось в сосудах. Температура постоянная.
3. Определить давление кислорода, если средняя квадратичная скорость его молекул равна 3750 м/с, а концентрация молекул $4,3 \cdot 10^{27}$ м⁻³.
4. В сосуде находится газ под давлением 130 кПа при температуре 53° С. Найти концентрацию молекул.
5. Найти среднюю квадратичную скорость молекул газа, имеющего плотность 1,25 кг/м³ при давлении 149 кПа.
6. На рисунке в системе координат V,T изображен замкнутый цикл 1231, осуществленный газом постоянной массы. Назовите все процессы. Определите, как выглядит график этого цикла в системе координат p, V.



Вариант №6

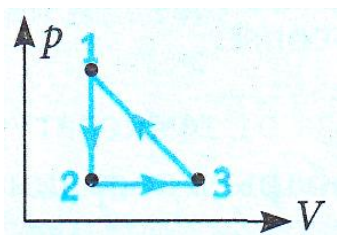
1. Чему равна масса метана (CH₄) объемом 2 м³ при давлении 400 кПа и температуре 0°С? Молярная масса метана равна $16 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.
2. Определите, какой будет абсолютная температура определенной массы идеального газа, если давление газа увеличить на 25%, а объем уменьшить на 20%. Начальная температура газа равна 300 К.
3. Определить давление кислорода, если средняя квадратичная скорость его молекул равна 3750 м/с, а концентрация молекул $4,3 \cdot 10^{27}$ м⁻³.

4. В сосуде находится газ под давлением 130 кПа при температуре 53° С. Найти концентрацию молекул.
5. Найти среднюю квадратичную скорость молекул газа, имеющего плотность 1,25 кг/м³ при давлении 149 кПа.
6. На рисунке в системе координат p, V изображен замкнутый цикл 1231, осуществленный газом постоянной массы. Назовите все процессы. Определите, как выглядит график этого цикла в системе координат V, T .



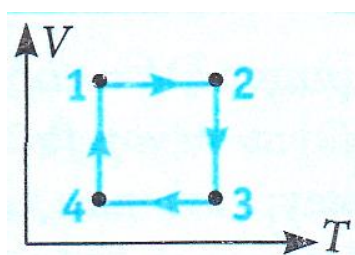
Вариант №7

1. Газ при давлении 0,2 МПа и температуре 15° С имеет объем 5 л. Чему равен объем газа этой массы при нормальных условиях (давление 100 кПа, температура 0°С)?
2. Из баллона выпустили 2 г газа, вследствие чего давление в нем снизилось на 10%. Определите емкость баллона, если плотность газа в начальный момент была 0,2 кг/м³. Температура газа в баллоне не менялась.
3. Определите массу воздуха в классе объемом 3*4*2 м при температуре 27 °С и нормальном атмосферном давлении. Молярную массу воздуха примите равной 0,029 кг/моль.
4. При температуре 300 К средняя квадратичная скорость молекулы кислорода 650 м/с. Определить массу молекулы кислорода.
5. В баллоне вместимостью 0,07 м³ находится газ под давлением $1,5 \cdot 10^6$ Па при температуре 430 °С. Какой объем занимал бы этот газ при нормальных условиях ($t=0$ °С, $p = 101325$ Па).
6. На рисунке в системе координат p, V изображен замкнутый цикл 1231, осуществленный газом постоянной массы. Назовите все процессы. Определите, как выглядит график этого цикла в системе координат p, T .



Вариант №8

1. Какое давление рабочей смеси установится в цилиндре двигателя автомобиля, если к концу такта сжатия температура газа повышается с 50 до 250°С, а объем уменьшается с 0,75 до 0,12 л?
2. Начальный объем газа составляет 60 л. Определите, каким будет объем этой массы газа, если абсолютная температура повысится от 300 К до 450 К, а давление уменьшится в 2 раза.
3. Чему равна температура газа, если при концентрации $2,95 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$ он создает давление 118,3 кПа?
4. Определить давление кислорода, если средняя квадратичная скорость его молекул равна 3750 м/с, а концентрация молекул $4,3 \cdot 10^{27} \text{ м}^{-3}$.
5. В сосуде находится газ под давлением 130 кПа при температуре 53° С. Найти концентрацию молекул.
6. На рисунке в системе координат V,T изображен замкнутый цикл 1231, осуществленный газом постоянной массы. Назовите все процессы. Определите, как выглядит график этого цикла в системе координат p, V.



Практическая работа № 8-9.

«Закон Кулона. Электрическое поле».

Цель: Закрепить знания по теме «Закон Кулона. Электрическое поле», 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.

Электростатика это раздел электромагнетизма, изучающий взаимодействие неподвижных зарядов. Электрический заряд в изолированной системе всегда сохраняется, как показывает опыт, в том числе, говоря об элементарных частицах. Ярким примером служит рождение в (физическом) вакууме электрон-позитронной пары. Рассмотрим два заряда. В зависимости от того, движутся они или нет, между ними может быть взаимодействие

- электрическое—если они не движутся,
- электрическое и магнитное—если они движутся. Для описания электрического и магнитного полей вводят векторы напряжённости и индукции, поле электрическое - напряжённость E , магнитное - индукция B .

Закон Кулона. Для точечных зарядов $q_{1,2}$ на расстоянии r друг от друга, действующая на первый из них сила взаимодействия F_{12} равна

$$F_{12}=kq_1q_2/r^2$$

В СИ единицей измерения электрического заряда является кулон, $[q]=1\text{Кл}=[A][t]=1\text{А}\cdot 1\text{с}$.

Коэффициент k численно равен $k\simeq 9\cdot 10^9\text{Н}\cdot\text{м}^2/\text{Кл}^2=9\cdot 10^9\text{ м/Ф}$, и традиционно записывается как $k=1/4\pi\epsilon_0$, где ϵ_0 —электрическая постоянная, численно равная $\epsilon_0\simeq 8,85\cdot 10^{-12}\text{Ф/м}$.

Закон Кулона можно переписать в виде $F=qE$, где вектор E называют напряжённостью электрического поля в данной точке. Единица измерения напряженности равна Н/Кл.

Рассмотрим теперь напряжённость, создаваемую шаром с зарядом q и радиусом R на расстоянии r от него. В силу симметрии ясно, что

напряжённость будет направлена по радиусу шара. Из школы мы знаем, что напряжённость поля шара будет такая же, как и напряжённость поля точечного заряда. Внутри же напряжённость поля будет равна нулю. Напряжённость поля изменяется почти скачкообразно за счёт наличия поверхностной плотности зарядов, $E=kq/R^2=q/4\pi R^2\varepsilon_0=\sigma/\varepsilon_0$, где σ —это поверхностная плотность зарядов.

Существуют поля, в которых работа по перемещению заряда между двумя точками не зависит от формы пути. Такие поля называют потенциальными. Электростатическое поле является потенциальным. Для потенциальных полей напряжение можно записать в виде разности двух потенциалов, характеризующих точки, $U=\varphi_1-\varphi_2=\Delta\varphi$. Единица измерения напряжения и потенциала – это 1 В.

Потенциал поля точечного заряда в данной точке, $\varphi=kq/r$. Поверхности, во всех точках которых потенциалы равны, называют эквипотенциальными.

Уже известно, что потенциал φ уединённого точечного заряда q , $\varphi\sim q$. Возникает желание ввести коэффициент этой пропорциональности. Исторически был введён обратный коэффициент, ёмкость, $C=q/\varphi$. В СИ, для единицы ёмкости придумали соответствующую единицу, фарад (Ф). $C=q/U=\sigma S/Ed$.

Примеры решения задач.

Пример №1. Проводящая сфера, радиусом 0,2 м, несущая заряд $1,8\cdot 10^{-4}$ Кл, находится в вакууме. Определите: 1) модуль напряженности электрического поля на ее поверхности; 2) модуль напряженности

электрического поля в точке, отстоящей на расстоянии 10 м от центра сферы; 3) модуль напряженности в центре сферы.

Дано:	Решение
$q = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$	$E = kq / R^2$
$R = 0,2 \text{ м}$	
$R_1 = 10 \text{ м}$	
$E, E_1, E_0 = ?$	1) $E = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 1,8 \cdot 10^{-4}}{(0,2)^2} = 4 \cdot 10^7 \text{ Н/Кл}$

$$2) E_1 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 1,8 \cdot 10^{-4}}{(10)^2} = 16 \cdot 10^3 \text{ Н/Кл}$$

3) напряженность поля в любой точке внутри проводящей сферы равна 0.

$$E_0 = 0.$$

Пример №2. С какой силой взаимодействуют два маленьких заряженных шарика, находящиеся в вакууме на расстоянии 9 см друг от друга? Заряд каждого шарика равен $3 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$.

Дано:	Решение
$r = 0,09 \text{ м}$	$F_{12} = kq_1q_2 / r^2$
$q_{1,2} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$	$F = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (3 \cdot 10^{-6})^2}{(0,09)^2} = 10 \text{ Н}$

F-?

Индивидуальные задания для практической работы № 8-9.

1. С какой силой взаимодействуют в вакууме два точечных электрических заряда по 12 нКл, если расстояние между ними 3 см? во сколько раз уменьшиться сила взаимодействия, если заряды будут находиться в воде (диэлектрическая проницаемость воды 81)?
2. Два одинаковых точечных электрических заряда, находясь в глицерине на расстоянии 12 см один от другого, взаимодействуют с силой $3 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$. Определить величину каждого заряда. Диэлектрическая проницаемость глицерина 56.

3. Два одинаковых шарика находятся на расстоянии 60 см друг от друга. Заряд одного из них $6 \cdot 10^{-8}$ Кл, а заряд другого - $12 \cdot 10^{-8}$ Кл. Шарики приводят в соприкосновение и вновь раздвигают на то же расстояние. Определите силы взаимодействия до и после соприкосновения.
4. Чему равен общий заряд электронов, которые находятся в куске свинца массой 200 г.
5. Два одинаковых точечных электрических заряда, находясь в нефти, взаимодействуют с силой $6 \cdot 10^{-7}$ Н. Величина первого заряда $5 \cdot 10^{-9}$ Кл, второго $8 \cdot 10^{-9}$ Кл. Определить, на каком расстоянии друг от друга находятся заряды. Диэлектрическая проницаемость нефти равна 2.
6. Чему равен общий заряд электронов, которые находятся в куске меди массой 300 г.
7. Проводящая сфера радиусом $R=0.4$ м, несущая заряд $q=2.4 \cdot 10^{-5}$ Кл, находится в вакууме. Определите: 1) модуль напряженности электрического поля на ее поверхности; 2) модуль напряженности электрического поля в точке, отстоящей на расстоянии 10 метров от центра сферы; 3) модуль напряженности электрического поля в центре сферы.
8. В однородное электрическое поле напряжённостью $E_0=4$ кН/Кл внесли точечный заряд $q=2 \cdot 10^{-8}$ Кл. определите напряженность электрического поля в точке А, находящейся на расстоянии 8 см от точечного заряда. Отрезок, соединяющий заряд и точку А, перпендикулярен силовым линиям однородного электрического поля.
9. Два одинаковых заряда $q=10^{-8}$ Кл находятся в воздухе на расстоянии 10 см друг от друга. Определите напряженность поля в точке О, находящейся на середине отрезка, соединяющего заряды, и в точке А, расположенной на расстоянии 7 см от зарядов.
10. Металлическому шару радиусом 50 см сообщен заряд 10 нКл. Определить напряженность электрического поля на поверхности шара и на расстоянии 75 см от центра шара.

11. Заряд, равный $-1,5 \cdot 10^{-8}$ Кл, помещен в спирт на расстоянии 10 см от другого заряда. Определить значение и знак другого заряда, если заряду притягиваются с силой $-0,45$ Н. Диэлектрическая проницаемость спирта равна 26.
12. Два одинаковых точечных электрических заряда, находясь в глицерине на расстоянии 15 см один от другого, взаимодействуют с силой $5 \cdot 10^{-5}$ Н. Определить величину каждого заряда. Диэлектрическая проницаемость глицерина 56.
13. Два одинаковых шарика находятся на расстоянии 30 см друг от друга. Заряд одного из них $8 \cdot 10^{-8}$ Кл, а заряд другого - $14 \cdot 10^{-8}$ Кл. Шарiki приводят в соприкосновение и вновь раздвигают на тоже расстояние. Определите силы взаимодействия до и после соприкосновения.
14. Чему равен общий заряд электронов, которые находятся в куске осмия массой 300 г.
15. В однородное электрическое поле напряжённостью $E_0 = 6$ кН/Кл внесли точечный заряд $q = 3 \cdot 10^{-8}$ Кл. определите напряженность электрического поля в точке А, находящейся на расстоянии 12 см от точечного заряда. Отрезок, соединяющий заряд и точку А, перпендикулярен силовым линиям однородного электрического поля.
16. Два одинаковых заряда $q = 10^{-8}$ Кл находятся в воздухе на расстоянии 20 см друг от друга. Определите напряженность поля в точке О, находящейся на середине отрезка, соединяющего заряды, и в точке А, расположенной на расстоянии 5 см от зарядов.
17. Металлическому шару радиусом 60 см сообщен заряд 12 нКл. Определить напряженность электрического поля на поверхности шара и на расстоянии 80 см от центра шара.

Практическая работа № 10.

«Закон Ома для участка цепи без э. д. с. Закон Ома для участка цепи с э.д.с.».

Цель: Закрепить знания по теме «Закон Ома для участка цепи без э. д. с. Закон Ома для участка цепи с э. д. с.», 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.

Электрический ток есть упорядоченное (направленное) движение заряженных частиц (в металлах это свободные электроны).

Сила тока I в проводнике — величина, равная количеству электричества Q , протекающего через поперечное сечение проводника за 1 с:

$$I = \frac{Q}{t}, \text{ или } I = e \cdot n_0 \cdot S \cdot \bar{v}$$

где n_0 — концентрация носителей зарядов e ; $\bar{v}$ — средняя скорость зарядов; S — площадь поперечного сечения проводника. Сила тока одна из основных величин в СИ; её единица — ампер (А). За направление тока принимают направление, противоположное движению электронов.

Для возникновения постоянного тока в металлических проводниках на свободные электроны должно действовать электрическое поле, способное обеспечить на концах проводника (цепи) постоянную разность потенциалов. В источнике тока в результате действия сторонних сил у отрицательного полюса возникает избыток электронов, у положительного — их недостаток, т. е. возникает разность потенциалов. Каждый источник тока характеризуется электродвижущей силой, которая равна работе сторонних сил, совершаемой при перемещении положительного заряда в 1 Кл вдоль цепи:

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{Q}.$$

Единица ЭДС - вольт (В).

Закон Ома для участка цепи устанавливает зависимость между силой тока в проводнике и напряжением на его концах:

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

где коэффициент пропорциональности $\frac{1}{R}$ называется электрической проводимостью; R — электрическое сопротивление проводника. Единица сопротивления — ом (Ом).

Сопротивление проводника зависит от его размеров, материала и температуры:

$$R = \rho \frac{l}{S}; R_t = R_0(1 + \alpha \Delta T),$$

где ρ — удельное сопротивление, Ом·м; α — температурный коэффициент сопротивления, K^{-1} ;

$$\alpha = \frac{\Delta R}{R_0 \cdot \Delta T}.$$

Для металлических проводников α выражается положительным числом. Для некоторых металлов при температурах, близких к абсолютному нулю, наступает сверхпроводимость — состояние, при котором сопротивление скачком падает до нуля.

Закон Ома для полной цепи устанавливает зависимость между силой тока, электродвижущей силой и полным сопротивлением цепи:

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

где R и r — сопротивления внешней части цепи и самого источника тока.

Напряжение U на полюсах источника тока при замкнутой цепи меньше ЭДС на значение падения напряжения внутри самого источника:

$$U = \mathcal{E} - Ir.$$

Короткое замыкание — явление, возникающее когда сопротивление внешней части цепи ничтожно мало, а сила тока достигает наибольшего значения. Используя формулу закона Ома для полной цепи, можно определить силу тока при коротком замыкании:

$$I_{\text{к.з.}} = \frac{\mathcal{E}}{r}.$$

Отдельные участки цепи (резисторы) можно соединять последовательно и параллельно.

При последовательном соединении резисторы включаются один за другим, поэтому сила тока на всех участках цепи одинакова, а общее или эквивалентное сопротивление цепи равно

$$R_{\text{посл}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Если $R_1 = R_2 = \dots = R_n = R$, то $R_{\text{посл}} = R \cdot n$

Падение напряжения при последовательном соединении прямо пропорционально сопротивлениям:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}.$$

При параллельном соединении напряжение на всех параллельных ветвях одинаково, а сила тока в отдельных ветвях зависит от их сопротивлений:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}.$$

Общее или эквивалентное сопротивление определяется из формулы

$$\frac{1}{R_{\text{пар}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}.$$

Если $R_1 = R_2 = \dots = R_n = R$, то $\frac{1}{R_{\text{пар}}} = \frac{1}{R} n$, или $R_{\text{пар}} = \frac{R}{n}$.

Для измерения силы тока в цепь последовательно включают амперметр, сопротивление которого должно быть очень малым. Чтобы изменить цену деления шкалы амперметра, параллельно с ним включается шунтирующий резистор $R_{\text{ш}}$, сопротивление которого в $n-1$ меньше сопротивления амперметра :

$$R_{\text{ш}} = \frac{R_A}{n - 1}$$

где n — число, показывающее во сколько раз расширяются пределы измерения прибора.

Для измерения напряжения в цепи включается вольтметр параллельно участку, на котором оно измеряется. Сопротивление вольтметра должно быть большим. В том случае, когда измеряемое напряжение превышает диапазон измерений вольтметра, последовательно с прибором включается дополнительный резистор $R_{\text{д}}$:

$$R_{\text{д}} = R_{\text{в}}(n - 1)$$

где n — число, показывающее, во сколько раз увеличивается цена деления на шкале прибора; $R_{\text{в}}$ - сопротивление вольтметра.

Источники электрической энергии (источники тока) можно соединять в батареи. При последовательном соединении положительный полюс первого источника соединяется с отрицательным полюсом второго и т. д.

Сила тока при этом определяется по формуле

$$I = \frac{n\varepsilon}{R+nr},$$

где n – число одинаковых источников тока, соединяемых в батарею.

При параллельном соединении в один узел соединяются провода, идущие от положительного полюса, в другой — от отрицательного, при этом сила тока батареи определяется по формуле

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r/n}.$$

При решении задач на закон Ома для разветвленных цепей необходимо:

произвольно выбрать направления силы тока и обхода контуров и показать их на схеме цепи;

составить уравнения по току для узлов, число уравнений при этом должно быть на одно меньше числа узлов. Алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле, всегда равна нулю, если токи, приходящие к узлу и уходящие от него, берутся с противоположными знаками;

составить уравнения для всех замкнутых контуров, учитывая, что в любом из них алгебраическая сумма ЭДС равна алгебраической сумме падений напряжения. При этом, если в направлении обхода ЭДС повышает потенциал (обход от «минуса» к «плюсу»), она берется со знаком плюс, в противном случае — со знаком минус.

Падение напряжения берется со знаком плюс, если направление тока совпадает с выбранным направлением обхода контура, в противном случае - со знаком минус. Общее число уравнений должно равняться числу неизвестных величин.

Примеры решения задач.

Пример №1. Определить скорость дрейфа электронов проводимости в медном проводнике, по которому течет ток 5 А, если площадь его поперечного сечения 20 мм^2 , число свободных электронов в единице объема $9 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$. За какое время электрон переместиться по проводнику на 1 см? электрический ток постоянный.

Дано:	Решение:
$I = 5 \text{ А,}$	$I = e \cdot n_0 \cdot S \cdot \vartheta$
$S = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2,$	$\vartheta = \frac{I}{e \cdot n_0 \cdot S}$
$n_0 = 9 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3},$	$\vartheta = \frac{5 \text{ А}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2} = 1,74 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$
$l = 10^{-2} \text{ м,}$	Принимая среднюю скорость дрейфа
$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$	электронов постоянной в постоянном
	токе, получим $t = \frac{l}{\vartheta}$
$\vartheta - ? \quad t - ?$	$t = \frac{10^{-2} \text{ м}}{1,74 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}} = 575 \text{ с} = 9 \text{ мин } 25 \text{ с.}$

Пример №2. Сопротивление угольного проводника при температуре 0° С равно 15 Ом, а при температуре 220° С – 13,5 Ом. Определить температурный коэффициент сопротивления угля.

Дано:	Решение:
$R_0 = 15 \text{ Ом,}$	$\alpha = \frac{\Delta R}{R_0 \cdot \Delta T}$
$R_t = 13,5 \text{ Ом,}$	$\alpha = \frac{13,5 \text{ Ом} - 15 \text{ Ом}}{15 \text{ Ом} \cdot 220 \text{ К}} = -0,00045 \text{ К}^{-1}$
$\Delta t = 220 \text{ К.}$	
$\alpha - ?$	

Пример №3. Источник тока с э.д.с. 220 В и внутренним сопротивлением 2 Ом замкнут проводником сопротивлением 108 Ом. Определить падение напряжения внутри источника тока.

Дано:	Решение:
$\mathcal{E} = 220 \text{ В,}$	$U_{\text{внутр}} = I \cdot r = \frac{\mathcal{E} \cdot r}{R + r}$
$R = 108 \text{ Ом,}$	$U_{\text{внутр}} = \frac{220 \text{ В} \cdot 2 \text{ Ом}}{108 \text{ Ом} + 2 \text{ Ом}} = 4 \text{ В}$
$r = 2 \text{ Ом.}$	
$U_{\text{внутр}} - ?$	

Пример №4. Дано пять аккумуляторов с э.д.с. 6 В и внутренним сопротивлением 0,6 Ом каждый. Каким должно быть сопротивление

внешней цепи, чтобы при последовательном соединении аккумуляторов сила тока оказалась равной 2 А?

Дано:

$$\mathcal{E} = 6 \text{ В},$$

$$r = 0,6 \text{ Ом},$$

$$n = 5,$$

$$I = 2 \text{ А}.$$

$$R = ?$$

Решение:

$$I = \frac{n \cdot \mathcal{E}}{R + nr}$$

$$R = \left(\frac{\mathcal{E}}{I} - r \right) \cdot n$$

$$R = \left(\frac{6 \text{ В}}{2 \text{ А}} - 0,6 \text{ Ом} \right) \cdot 5 = 12 \text{ Ом}.$$

Индивидуальные задания для практической работы № 10.

1. Определить концентрацию электронов проводимости в меди, если при средней скорости упорядоченного движения электронов проводимости 0,1 мм/с в проводе с площадью поперечного сечения 105 мм² сила тока 500 А.
2. Допустимый ток для изолированного медного провода площадью поперечного сечения 1 мм² при продолжительной работе равен 11 А. сколько метров такой проволоки можно включить в сеть с напряжением 110 В без дополнительного сопротивления?
3. Определить силу тока в контактном медном проводе троллейбусной сети, если концентрация электронов проводимости в меди $3 \cdot 10^{-23}$ см⁻³, их средняя скорость упорядоченного движения 0,25 мм/с и площадь поперечного сечения провода 85 мм².
4. К концам стального проводника длиной 20 м приложено напряжение 3,6 В. Найти среднюю скорость упорядоченного движения носителей зарядов в проводнике, если их концентрация $4 \cdot 10^{28}$ м⁻³.
5. Сопротивление медного провода при 20 °С равно 50 Ом. Определить его сопротивление при -30 °С ($\alpha = 0,004 \text{ К}^{-1}$).
6. Сопротивление вольфрамовой нити лампы накаливания при температуре +20 °С равно 20 Ом, а при 3000 °С - 250 Ом. Определить температурный коэффициент сопротивления вольфрама.

7. Резисторы сопротивлением $R_1=150$ Ом и $R_2=90$ Ом включены последовательно в сеть. Какое количество теплоты выделиться в резисторе R_1 , если в резисторе R_2 выделилось 18 кДж теплоты.
8. Разность потенциалов на клеммах разомкнутого источника тока 4 В. Определить внутреннее сопротивление источника тока, если при сопротивлении внешнего участка цепи 4 Ом сила тока равна 0,8 А.
9. Четыре аккумулятора с э.д.с. 20 В и внутренним сопротивлением 1,2 Ом каждый соединены параллельно одноименными полюсами. Каково должно быть сопротивление внешней цепи, чтобы сила тока в ней не превышала 2 А?
10. Источник электрической энергии с э.д.с. 60 В и внутренним сопротивлением 2 Ом замкнут на 2 последовательно соединенных резистора. Определить сопротивление R_2 , если $R_1 = 20$ Ом, а сила тока в цепи равна 2 А.
11. Три источника электрической энергии с э.д.с. 1,1 В и внутренним сопротивлением 0,9 Ом каждый соединены последовательно разноименными полюсами и замкнуты на внешнюю цепь сопротивлением 3,9 Ом. Определить силу тока в цепи.
12. ЭДС разомкнутого источника тока 6 В. Определить внутреннее сопротивление источника тока, если при сопротивлении внешнего участка цепи 7 Ом сила тока равна 0,5 А.
13. ЭДС разомкнутого источника тока 28 В. При включении внешней цепи разность потенциалов на клеммах источника тока стала равной 30 В, а сила тока 5 А. Определить внутреннее сопротивление источника тока, сопротивление внешнего участка цепи и полное сопротивление цепи.
14. Батарея аккумулятора имеет ЭДС 15 В. сила тока в цепи равна 4 А, а напряжение на клеммах 12 В. Определить ток короткого замыкания.
15. ЭДС источника тока равна 220 В, внутреннее сопротивление 2 Ом. Какое надо взять сопротивление внешнего участка цепи, чтобы сила тока была равна 8 А.

16. При прохождении по проводнику, сопротивление которого 4 Ом, электрического тока в течении 2 минут совершается работа 12 кДж. Определить силу тока в проводнике.
17. Конденсатор емкостью 4 мкФ включен в цепь (рисунок из классной задачи смотреть!!!), содержащую 3 резистора и источник постоянного тока с ЭДС 6 В и внутренним сопротивлением 2 Ом. Сопротивление первого резистора 4 Ом, второго – 7 Ом. Третьего – 2 Ом. Чему равен заряд на правой обкладке конденсатора?
18. Аккумулятор с ЭДС 8 В и внутренним сопротивлением 0,4 Ом питает внешнюю цепь с сопротивлением 11,6 Ом. Какое количество теплоты выделиться во всей цепи за время 5 минут?

Практическая работа №11.

«Первый закон Фарадея. Второй закон Фарадея».

Цель: научиться применять на практике полученные теоретические знания по теме: «Первый закон Фарадея. Второй закон Фарадея», 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.

К жидким проводникам относятся, главным образом, растворы солей, щелочей, кислот. Носителями электрического тока в жидких проводниках являются ионы, которые образуются в процессе электролитической диссоциации. Электролитическая диссоциация - это процесс распада нейтральных молекул солей, кислот и щелочей на положительные и отрицательные ионы при растворении названных веществ в воде или других растворителях. Большая диэлектрическая проницаемость воды ($\epsilon = 81$) и тепловое движение приводят к распаду молекул.

Прохождение электрического тока через жидкий проводник (электролит), сопровождающееся химическими превращениями вещества

и его выделением на электродах, называется электролизом.

При электролизе выполняются два закона Фарадея.

1 закон Фарадея. Масса вещества, выделившегося при электролизе, прямо пропорциональна количеству электричества, прошедшего через электролит:

$$m = kq$$

где k — электрохимический эквивалент, который показывает, сколько вещества выделяется при электролизе, если через электролит пройдет 1 Кл количества электричества.

2 закон Фарадея. Электрохимические эквиваленты прямо пропорциональны отношению молярной массы к валентности:

$$k_1 : k_2 = \frac{M_1}{n_1} : \frac{M_2}{n_2}$$

где M_1 и M_2 — молярные массы; n_1 и n_2 — валентности.

Важно помнить, что при выделении 1 моль количества вещества, через электролит проходит заряд $F = N_A e = 9,648456 \cdot 10^4$ Кл/моль; F - число, одинаковое для всех электролитов, называется постоянной Фарадея.

Объединенный закон Фарадея:

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n} \cdot q$$

При прохождении тока через электролит может возникать поляризация электродов, которая создает противо-ЭДС, что вызывает уменьшение силы тока в цепи. В этом случае при решении задач применяется закон Ома для участка цепи с ЭДС:

$$I = (U - \varepsilon_{\text{поляри}}) / R$$

Примеры решения задач.

Пример №1. Через раствор серной кислоты прошло $2 \cdot 10^5$ Кл количества электричества. Определить массу и объем выделившегося водорода при нормальных условиях. Плотность водорода $\rho_0 = 9 \cdot 10^{-2}$ кг/м³.

Дано:

$$q = 2 \cdot 10^5 \text{ Кл},$$

$$M = 10^{-3} \text{ кг/моль},$$

Решение:

$$V_0 = \frac{m}{\rho_0}, \quad m = \frac{M \cdot q}{F \cdot n}$$

$$m = \frac{10^{-3} \text{ кг/моль} \cdot 2 \cdot 10^5 \text{ Кл}}{96500 \text{ Кл/моль}} = 2,07 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$n = 1,$$

$$V_0 = \frac{2,07 \cdot 10^{-3} \text{ кг}}{9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3} = 0.023 \text{ м}^3$$

$$F = 96500 \text{ Кл/моль},$$

$$\rho_0 = 9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$$

$$m - ? \quad V_0 - ?$$

Пример №2. При электролизе водного раствора ZnSO_4 выделилось 61,2 г цинка. Определить затраченную энергию электрического тока, если напряжение на зажимах ванны 10 В. Ответ выразить в кВт · ч.

Дано:

$$m = 61,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг},$$

$$U = 10 \text{ В},$$

$$k = 3,4 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл},$$

ч.

$$n = 2,$$

$$M = 65,37 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль},$$

$$F = 96500 \text{ Кл/моль}.$$

$$W - ?$$

Решение:

$$W = qU, m = kq$$

$$W = \frac{m \cdot U}{k}$$

$$W = \frac{61,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 10 \text{ В}}{3,4 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл}} = 1,8 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 0,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Решение задачи по 2 закону Фарадея:

$$k = \frac{M}{F_n}, W = \frac{m U F_n}{M}$$

$$W = \frac{61,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 10 \text{ В} \cdot 96500 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}} \cdot 2}{65,37 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = 0,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Индивидуальные задания для практической работы № 11.

1. Определить массу выделившегося хлора при прохождении $N = 5 \cdot 10^{24}$ электронов через раствор NCl .
2. Сколько серебра выделиться на катоде при прохождении через водный раствор азотно-серебряной соли AgNO_3 за 5 ч, если сопротивление ванны 6 Ом, напряжение на его зажимах 6 В? Серебро одновалентное.
3. При электролизе водного раствора CuSO_4 была совершена работа 200 кВт·ч. Определить массу полученной меди, если напряжение на зажимах ванны 6 В.
4. Определить электрохимический эквивалент хлора, атомная масса которого $A = 35,453$, а валентность равна 1.

5. Медный анод массой 33 г погружен в ванну с водным раствором медного купороса. Через сколько времени анод полностью растворится, если электролиз идет при силе тока 2 А?
6. Две электролитические ванны соединены последовательно. В первой ванне выделилось 19,5 г цинка, во второй за то же время 11,2 г железа. Цинк двухвалентен. Какова валентность железа?
7. Определить, какая мощность расходуется при электролизе раствора серной кислоты, если за 25 минут выделилось 150 мг водорода, а сопротивление электролита 0,4 Ом.
8. Электролиз протекал 20 минут при силе тока 1,5 А. за это время на катоде выделилось 594 мг вещества. Какое это вещество?
9. Рафинирование меди осуществлялось при напряжении на зажимах ванной 0,3 в. сколько меди выделиться на катоде за 1 час, если сопротивление электролита $3 \cdot 10^{-5}$ Ом, медь двухвалентная.
10. Электролиз нитрата серебра продолжался 5 минут, при этом на катоде выделилось 336 мг серебра. Амперметр, включенный в цепь, показывал 0,9 А. Правильно ли его показание или необходима поправка?
11. При электролизе, длившемся в течении 1 часа, сила тока была равна 6 А. чему равно давление выделившегося атомарного водорода, если при температуре 200 К, его объем равен 2 литра? Электрохимический эквивалент водорода $\kappa = 1 \cdot 10^{-8}$ кг/Кл.
12. При серебрении изделия в течении 1 часа отложился слой серебра толщиной 0,02 мм. Определите плотность тока, если молярная масса серебра $108 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, валентность равна 3, плотность серебра $10,5 \cdot 10^3$ кг/м³.
13. Для покрытия никелем металлических изделий в электрохимическую ванну помещен никелевый электрод массой 0,02 кг. Какой заряд должен пройти через ванну, чтобы электрод был полностью израсходован? Электрохимический эквивалент никеля равен $3 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл.
14. При никелировании детали в течении 2,5 часов сила тока, проходящего через ванну, была 30 А. Электрохимический эквивалент никеля равен $3 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл, его плотность $8,9 \cdot 10^{-3}$ кг/м³. Чему равна толщина слоя никеля, выделившегося на детали, если площадь детали равна 0,4 м²?

15. Медный анод массой 40 гр помещен в ванну с водным раствором медного купороса. Через сколько времени анод полностью растворится, если электролиз идет при силе тока 3 А. Электрохимический эквивалент меди равен $3,3 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл.
16. Ванна с раствором азотно-кислого серебра подключена к источнику с напряжением 6 В. Определить сопротивление раствора в ванне, если за 1 час на катоде выделилось 8,04 гр серебра. Электрохимический эквивалент равен $1,18 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл.

Практическая работа № 12.

«Магнитное поле и его характеристики. Сила Лоренца. Сила Ампера».

Цель: Научиться применять основные формулы для решения задач по определению силы взаимодействия параллельных токов, магнитного потока, индукции и напряженности магнитного поля.

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.

На проводник с током, помещенный в магнитное поле, действует сила

Ампера $F = B \cdot I \cdot l \sin \alpha$, а $F = \frac{A}{s}$. Отсюда индукция магнитного поля равна:

$$B = \frac{F}{I \cdot l \sin \alpha} \quad \text{или} \quad B = \frac{A}{s \cdot I \cdot l \sin \alpha}.$$

Индукция и напряженность магнитного поля связаны следующей зависимостью: $B = \mu_0 H$,

следовательно, $H = \frac{B}{\mu_0}$. μ_0 называют магнитной постоянной, она численно

равна $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}.$

Сила взаимодействия параллельных токов в среде равна: $F = \frac{\mu_c I_1 I_2 l}{2\pi a}$, в

вакууме $F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi a}.$

Будем считать магнитное поле внутри длинного соленоида однородным. Для определения напряженности этого поля пользуются формулой $H = \frac{I \cdot \omega}{l}$. Магнитный поток определяют по формуле $\Phi = B \cdot S$, где $B = \mu_0 H$ для соленоида без сердечника и $B_1 = \mu \cdot \mu_0 \cdot H$ для соленоида с сердечником.

Примеры решения задач.

Пример №1. Прямолинейный проводник с активной длиной 0,8 м и проходящим через него током 5,0 А, расположенный в однородном магнитном поле под углом 30° к линиям индукции, перемещается под действием сил магнитного поля. Определить индукцию и напряженность этого магнитного поля, если для перемещения проводника на 0,7 м полем была совершена работа 0,56 Дж.

Дано:

Решение.

$$l = 0,80 \text{ м}$$

$$\alpha = 30^\circ;$$

$$s = 0,7 \text{ м}$$

$$A = 0,56 \text{ Дж}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$$

На проводник с током, помещенный в магнитное

поле, действует сила $F = B \cdot I \cdot l \sin \alpha$, а $F = \frac{A}{s}$

Отсюда индукция магнитного поля равна:

$$B = \frac{F}{I \cdot l \sin \alpha} \quad \text{или} \quad B = \frac{A}{s \cdot I \cdot l \sin \alpha}$$

Индукция и напряженность магнитного поля

B -? H -? связаны следующей зависимостью: $B = \mu_0 H$, следовательно,

$$H = \frac{B}{\mu_0}.$$

Подставляя числовые данные из условия задачи, определяем магнитную индукцию и напряженность магнитного поля:

$$B = \frac{0,56 \text{ Дж}}{0,7 \text{ м} \cdot 5,0 \text{ А} \cdot 0,8 \text{ м} \cdot 0,5} = 0,4 \text{ Тл};$$

$$H = \frac{0,4 \text{ Тл}}{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}} = 3,2 \cdot 10^5 \frac{\text{А}}{\text{м}}.$$

Ответ:

$$B = 0,4 \text{ Тл}; H = 3,2 \cdot 10^5 \frac{\text{А}}{\text{м}}.$$

Пример № 2. Соленоид без сердечника длиной 72 см имеет 810 витков. Определить напряженность магнитного поля и магнитный поток внутри соленоида, если ток в нем 6,4 А, а площадь поперечного сечения соленоида $7,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. Каким будет магнитный поток, если внутрь соленоида поместить стержень из никеля, относительная магнитная проницаемость которого 300?

Дано:

Решение.

$$l = 0,72 \text{ м}$$

$$\omega = 810$$

$$I = 6,4 \text{ А}$$

$$S = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$$

$$\mu_H = 300$$

$$H-?, \Phi-?, \Phi_1-?$$

Будем считать магнитное поле внутри длинного соленоида однородным. Для определения напряженности этого поля воспользуемся формулой

$$H = \frac{I \cdot \omega}{l}. \text{ Магнитный поток определим по}$$

формуле $\Phi = B \cdot S$, где $B = \mu_0 H$ для соленоида

без сердечника и $B_1 = \mu \cdot \mu_0 \cdot H$ для соленоида с сердечником.

Вычислим напряженность:

$$H = \frac{6,4 \text{ А} \cdot 810}{0,72 \text{ м}} = 7200 \frac{\text{А}}{\text{м}}.$$

Подставим в формулу магнитного потока буквенное выражение магнитной индукции и произведем вычисления:

$$\Phi = \mu_0 H S;$$

$$\Phi = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}} \cdot 7200 \frac{\text{А}}{\text{м}} \cdot 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 = 6,8 \cdot 10^{-5} \text{ Вб};$$

при наличии сердечника

$$\Phi = \mu \mu_0 H S = 300 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}} \cdot 7200 \frac{\text{А}}{\text{м}} \cdot 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ Вб}.$$

Ответ:

$$H = 7200 \frac{\text{А}}{\text{м}}; \Phi = 6,8 \cdot 10^{-5} \text{ Вб}, \Phi_1 = 2,02 \cdot 10^{-2} \text{ Вб}.$$

Пример №3. По двум длинным параллельным проводникам, расстояние между которыми 7,5 см, в одном направлении идут токи: в первом 10 А, во втором 5 А (рисунок 1). Где между ними следует поместить параллельный им третий провод, чтобы он находился в равновесии.

$s = 7,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ – расстояние между первым и вторым проводниками;

$I_1 = 10 \text{ А}$ – ток в первом проводнике;

$I_2 = 5 \text{ А}$ – ток во втором проводнике.

Найти:

x – расстояние от провода с током 10 А до третьего провода.

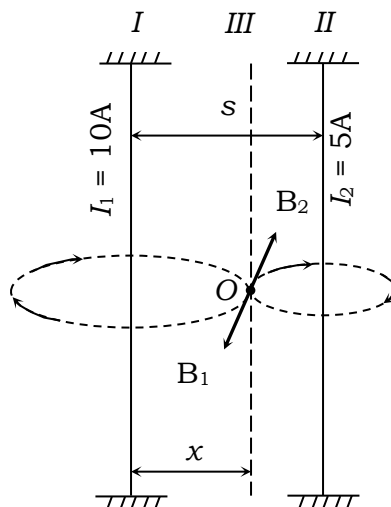


Рисунок 1

Решение.

Так как токи в первом и втором проводниках имеют одинаковое направление, то в точке О векторы магнитной индукции B_1 и B_2 , равные по величине, будут иметь противоположные направления. Следовательно, и силы должны быть равными, т. е. $|F_1| = |F_2|$; при этом

$$F_1 = \mu_0 \frac{I_1 \cdot I_3 \cdot l}{2\pi \cdot x}; \quad F_2 = \mu_0 \frac{I_2 \cdot I_3 \cdot l}{2\pi \cdot (s - x)}.$$

Приравняв правые части и производя сокращение, получим:

$$\mu_0 \frac{I_1 \cdot I_3 \cdot l}{2\pi \cdot x} = \mu_0 \frac{I_2 \cdot I_3 \cdot l}{2\pi \cdot (s - x)}; \quad \frac{I_1}{x} = \frac{I_2}{s - x}.$$

Выразим из предыдущего равенства x и найдем его числовое значение

$$I_2 \cdot x = I_1 \cdot (s - x), \quad x = \frac{I_1 \cdot s}{I_2 + I_1},$$

$$x = \frac{10 \text{ А} \cdot 7,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{15 \text{ А}} = 0,05 \text{ м}.$$

Ответ:

Третий провод необходимо удалить от первого на 5 см.

Индивидуальные задания для практической работы № 12.

Вариант №1.

1. На проводник с активной длиной 0,4 м, помещенный в однородное магнитное поле индукцией 0,8 Тл, действует сила 1,6 Н. Определить силу тока в проводнике при условии, что он расположен перпендикулярно линиям индукции.
2. Какой ток проходит по кольцевому проводу радиусом 62,8 см, если он создает в центре кольца магнитное поле индукцией 10^{-5} Тл.
3. С какой силой взаимодействуют два параллельных проводника, один длиной 30 см, второй 10 см, по которым идут токи одного направления 20 и 45 А, если они находятся в воздухе на расстоянии 60 см?
4. Определить магнитную индукцию в железном сердечнике электромагнита, обмотка которого имеет длину 5 см и содержит 500 витков, если сила тока в ней равна 0,5 А. относительная магнитная проницаемость железа равна 5000.

Вариант №2.

1. Определить индукцию магнитного поля, в котором на прямой провод длиной 10 см, расположенный под углом 30° к линиям индукции, действует сила 0,2 Н, когда по проводнику проходит ток 8 А.
2. Катушка длиной 12,56 см имеет 5000 витков. Какой ток необходимо пропустить через катушку, чтобы индукция магнитного поля на ее оси была равна 1 Тл?

3. С какой силой взаимодействуют два параллельных проводника, длиной по 50 см каждый, по которым идут токи одного направления 10 и 40 А, если они находятся в воздухе на расстоянии 50 см?
4. По круговому витку радиусом 10 см циркулирует ток 4 А. определить напряженность и индукцию магнитного поля в центре витка.
5. Определить э.д.с. индукции в проводнике длиной 0,5 м, движущемся в однородном магнитном поле индукцией 0,1 Тл со скоростью 2 м/с перпендикулярно линиям индукции.

Вариант №3.

1. Определить длину активной части проводника, помещенного в однородное магнитное поле индукцией 1,2 Тл под углом 30° к линиям индукции, если при силе тока 10 А на проводник действует сила 1,8 Н.
2. Определить индукцию магнитного поля в центре кругового провода, радиус которого 30 см, если сила тока в нем равна 15 А.
3. Два параллельных проводника, длиной по 150 см каждый, по которым идут токи одного направления 1 и 4 А, взаимодействуют с силой $2 \cdot 10^{-5}$ Н. Определить расстояние между ними, если они находятся в воздухе.
4. Определить радиус кругового витка проволоки, чтобы при прохождении по нему тока 2 А в его центре напряженность магнитного поля была равна 20 А/м? среда – воздух.
5. Проводник, активная длина которого 0,4 м, движется со скоростью 10 м/с под углом 30° к линиям индукции однородного магнитного поля. Определить индукцию магнитного поля, если на концах проводника возникла э.д.с., равная 2 В.

Вариант № 4.

1. Под каким углом к линиям индукции однородного магнитного поля должен быть расположен проводник с активной длиной 0,6 м, чтобы поле индукцией 1,2 Тл действовало на проводник с силой 3,6 Н, если по нему проходит ток 5 А?
2. Определить индукцию магнитного поля, в котором на прямой провод длиной 20 см, расположенный под углом 30° к линиям индукции, действует сила 0,4 Н, когда по проводнику проходит ток 10 А.

3. Проводник, расположенный перпендикулярно линиям магнитной индукции однородного магнитного поля, подвешенный на двух нитях, в одном случае весит 15 Н, в другом 20 Н в зависимости от направления тока в нем. Определить массу проводника.
4. Проводник длиной 0,25 м перпендикулярен вектору магнитной индукции однородного магнитного поля, модуль которого 0,6 Тл. Сила тока в проводнике 8 А. Определите работу силы Ампера, которая была совершена при перемещении проводника на 0,05 м по направлению действия этой силы.
5. В магнитном поле с индукцией 5 Тл движется электрон со скоростью 10^6 м/с, направленной перпендикулярно линиям индукции магнитного поля. Чему равен модуль силы, действующей на электрон со стороны магнитного поля? Заряд электрона соответственно $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Вариант №5.

1. Определить длину активной части проводника, помещенного в однородное магнитное поле индукцией 1,4 Тл под углом 30° к линиям индукции, если при силе тока 5 А на проводник действует сила 1,4 Н.
2. На проводник с активной длиной 0,6 м, помещенный в однородное магнитное поле индукцией 2 Тл, действует сила 2,4 Н. определить силу тока в проводнике при условии, что он расположен перпендикулярно линиям индукции.
3. Проводник, расположенный перпендикулярно линиям магнитной индукции однородного магнитного поля, подвешенный на двух нитях, в одном случае весит 18 Н, в другом 24 Н в зависимости от направления тока в нем. Определить массу проводника.
4. Участок проводника длиной 20 см находится в магнитном поле с индукцией 50 мТл. Сила электрического тока, проходящего по проводнику, равна 15 А. Какое перемещение совершает проводник в направлении действия силы Ампера, если работа этой силы 0,015 Дж? Проводник расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции.
5. В магнитном поле с индукцией 6 Тл движется электрон со скоростью 10^7 м/с, направленной перпендикулярно линиям индукции магнитного поля.

Чему равен модуль силы, действующей на электрон со стороны магнитного поля? Заряд электрона соответственно $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Практическая работа № 13.

«Э.д.с. индукции. Э.д.с. самоиндукции. Энергия магнитного поля».

Цель: Закрепить знания по теме «Э.д.с. индукции. Э.д.с. самоиндукции. Энергия магнитного поля.», 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.

Магнитное поле есть частный случай электромагнитного поля, характеризующийся воздействием на движущуюся электрически заряженную частицу с силой, пропорциональной заряду частицы и ее скорости.

Вид магнитного поля зависит от того, какую форму имеет проводник с током. Например, магнитное поле, образующееся вокруг прямого проводника с током, графически изображается линиями магнитной индукции в виде концентрических окружностей в плоскости, перпендикулярной направлению тока. Направление магнитного поля в этом случае определяют по правилу Максвелла (правилу винта): вращение головки винта показывает направление линий индукции, если поступательное движение винта совпадает с направлением тока.

Магнитное поле катушки с током — соленоида аналогично магнитному полю постоянного полосового магнита.

Взаимодействие магнитных полей, образованных параллельными проводниками с электрическими токами, определяется формулой

$$F = \mu_c \cdot \frac{I_1 I_2 l}{2\pi a}$$

где I_1 и I_2 – сила тока в проводниках; l – участок длины провода, на который действует сила; a — расстояние между проводами; μ_c — абсолютная магнитная проницаемость среды, характеризующая зависимость силы взаимодействия проводников с токами от среды:

$$\mu_c = \mu_0 \cdot \mu$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ – магнитная постоянная; μ – магнитная проницаемость среды.

Магнитное поле действует на проводник с током с силой F_A (силой Ампера):

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

Если проводник перпендикулярен линиям индукции, то

$$F_A = B \cdot I \cdot l$$

Коэффициент пропорциональности B называется магнитной индукцией и является силовой характеристикой магнитного поля. Магнитная индукция — векторная величина. Единица магнитной индукции — тесла (Тл). В любой точке однородного магнитного поля магнитная индукция одинакова по модулю и направлению, поэтому такое поле графически изображается линиями в виде параллельных прямых одинаковой густоты.

Магнитный поток равен числу линий индукции, пронизывающих площадь S , если вектор индукции совпадает с нормалью к этой площади:

$$\Phi = BS.$$

Единица магнитного потока — вебер (Вб).

Магнитные свойства контура характеризуются магнитным моментом P_m :

$$P_m = IS.$$

На контур с током, находящийся в однородном магнитном поле с индукцией B , действует вращающий магнитный момент M :

$$M = I \cdot S \cdot B \sin \alpha$$

где α -угол между векторами $\vec{P}_m$ и $\vec{B}$; при $\alpha=90^\circ$ вращающий момент будет максимальным:

$$M_{\text{макс}} = I \cdot S \cdot B = P_m B$$

Замкнутый проводник с током длиной l под действием силы F

перемещается на расстояние b , следовательно, совершается работа

$$A = F_A b = B \cdot I \cdot l \cdot b$$

но $l \cdot b$ есть изменение площади ΔS . Тогда

$$A = B \cdot l \Delta S \text{ или } A = I \Delta \Phi$$

Индукция магнитного поля прямолинейного проводника с током

$$B = \mu_c \cdot \frac{1}{2\pi r}$$

где r — кратчайшее расстояние от проводника с током до точки, в которой определяется индукция B .

Индукция магнитного поля кругового тока

$$B = \mu_c \cdot \frac{1}{2r}$$

Индукция магнитного поля соленоида

$$B = \mu_c \cdot \frac{I\omega}{l}$$

где ω - число витков; l - длина соленоида.

Магнитное поле внутри длинного соленоида однородное, поэтому магнитный поток в соленоиде

$$\Phi = BS = \mu_c \cdot \frac{I\omega}{l} S$$

Магнитное поле также характеризуют величиной напряженности H , которая связана с магнитной индукцией формулой

$$B = \mu_c H.$$

Сила, действующая на электрический заряд Q , движущийся в магнитном поле, называется силой Лоренца F_L :

$$F_L = B \cdot \vartheta \cdot Q \sin \alpha$$

где α — угол между векторами B и ϑ . Сила Лоренца всегда перпендикулярна плоскости, в которой находятся векторы B и ϑ , поэтому работы она не совершает; не изменяя скорости заряда, она изменяет лишь направление и обуславливает центростремительное ускорение. Если $\alpha = 90^\circ$, то

$$B \cdot Q \cdot \vartheta = \frac{m\vartheta^2}{2},$$

т.е. частица массой m и зарядом Q под действием силы $F_{\text{л}}$ совершает движение по окружности.

Явление электромагнитной индукции состоит в том, что в любом замкнутом контуре возникают электродвижущая сила индукции и индукционный ток, если магнитный поток, ограниченный этим контуром, изменяется со временем:

$$\varepsilon_{\text{и}} = -\Delta\Phi/\Delta t$$

Предположим, что прямоугольный контур, расположенный в плоскости, перпендикулярной магнитному полю, перемещается со скоростью ϑ и выходит из однородного магнитного поля. Тогда магнитный поток, проходящий сквозь площадь контура, будет изменяться по закону

$$\Delta\Phi = -B \cdot l \cdot \vartheta \cdot \Delta t$$

Учитывая это, Э.Д.С. индукции можно записать в виде

$$\varepsilon_{\text{и}} = -B \cdot l \cdot \vartheta$$

Если векторы $\vec{\vartheta}$ и $\vec{B}$ образуют угол α , то $\varepsilon_{\text{и}} = -B \cdot l \cdot \vartheta \sin \alpha$

ЭДС будет возникать и в неподвижном контуре, но для этого индукция магнитного поля также должна меняться со временем.

Направление индукционного тока, возникающего в замкнутом контуре, можно определить, используя правило правой руки или правило Ленца. Согласно правилу Ленца, индукционный ток направлен так, чтобы магнитное поле, создаваемое им, противодействовало изменению магнитного поля, вызывающего индукционный ток.

Явление самоиндукции можно рассматривать, как частный случай электромагнитной индукции, когда изменяющийся магнитный поток создается самим током в процессе его изменения. Так, при замыкании цепи ЭДС самоиндукции (согласно правилу Ленца) препятствует увеличению силы тока, а при размыкании — противодействует его исчезновению. Поэтому при замыкании ток самоиндукции направлен против основного тока, а при размыкании — в одну с ним сторону. ЭДС самоиндукции пропорциональна скорости изменения тока в контуре:

$$\varepsilon_{\text{с}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

где L — индуктивность контура, зависящая от его размеров, формы и магнитных свойств среды, в которую помещен контур. Единица индуктивности — генри (Гн).

Магнитное поле, являясь составной частью электромагнитного поля, обладает энергией. Энергия магнитного поля равна:

$$W = \frac{1}{2} \Phi I = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} \frac{\Phi^2}{L}.$$

Примеры решения задач.

Пример №1. Под каким углом к линиям индукции однородного магнитного поля должен быть расположен проводник с активной длиной 0,4 м, чтобы поле индукцией 0,8 Тл действовало на проводник силой 1,6 Н, если по нему проходит ток 5 А?

Дано:	Решение:
$I = 5 \text{ А},$	$F = B \cdot l \cdot I \cdot \sin \alpha$
$B = 0,8 \text{ Тл},$	$\sin \alpha = \frac{F}{B \cdot l \cdot I}$
$l = 0,4 \text{ м},$	$\sin \alpha = \frac{1,6 \text{ Н}}{5 \text{ А} \cdot 0,4 \text{ м} \cdot 0,8 \text{ Тл}} = 1, \alpha = 90^\circ$
$F = 1,6 \text{ Н}$	
$\alpha - ?$	

Пример №2. Два параллельных очень длинных прямолинейных проводника находятся в вакууме. Определить расстояние между проводниками, если вследствие их взаимодействия на отрезок проводника длиной 0,5 м действует сила $2 \cdot 10^{-3}$ Н при токах в проводниках 100 и 40 А.

Дано:	Решение:
$l = 0,5 \text{ м},$	$r = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot l}{2\pi \cdot F}$
$F = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Н},$	$r = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2 \cdot 0,5 \text{ м} \cdot 100 \text{ А} \cdot 40 \text{ А}}{2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ Н}} = 0,2 \text{ м}$
$I_1 = 100 \text{ А},$	
$I_2 = 40 \text{ А},$	
$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2,$	
$\mu = 1.$	
$r - ?$	

Пример №3. По катушке индуктивностью 80 мГн проходит постоянный ток 2 А. определить время убывания тока при размыкании цепи, если э.д.с. самоиндукции равна -16 В.

Дано:	Решение:
-------	----------

$$L=0,08 \text{ Гн}, \quad \mathcal{E}_c = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}, \quad \Delta t = -\frac{L \cdot \Delta I}{\mathcal{E}_c}$$

$$\Delta I = 2 \text{ А}, \quad \Delta t = -\frac{0,08 \text{ Гн} \cdot 2 \text{ А}}{-16 \text{ В}} = 0,01 \text{ с}$$

$$\mathcal{E}_c = -16 \text{ В.}$$

$$\Delta t = ?$$

Индивидуальные задания для практической работы № 13.

1. При облучении газа γ -излучением образуется каждую секунду $5 \cdot 10^8$ пар ионов. Определить силу тока насыщения, проходящего через газ, если заряд каждого иона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.
2. На проводник с активной длиной 0,4 м, помещенный в однородное магнитное поле индукцией 0,8 Тл, действует сила 1,6 Н. Определить силу тока в проводнике при условии, что он расположен перпендикулярно линиям индукции.
3. Какой ток проходит по кольцевому проводу радиусом 62,8 см, если он создает в центре кольца магнитное поле индукцией 10^{-5} Тл.
4. С какой силой взаимодействуют два параллельных проводника, один длиной 30 см, второй 10 см, по которым идут токи одного направления 20 и 45 А, если они находятся в воздухе на расстоянии 60 см?
5. Определить магнитную индукцию в железном сердечнике электромагнита, обмотка которого имеет длину 5 см и содержит 500 витков, если сила тока в ней равна 0,5 А. Относительная магнитная проницаемость железа равна 5000.
6. С какой скоростью надо перемещать проводник, длина активной части которого 0,5 м, под углом 50° к вектору магнитной индукции, модуль которого равен 0,8 Тл, чтобы в проводнике возбудилась э.д.с. индукции, равная 2 В?
7. Определить индукцию магнитного поля, в котором на прямой провод длиной 10 см, расположенный под углом 30° к линиям индукции, действует сила 0,2 Н, когда по проводнику проходит ток 8 А.
8. Катушка длиной 12,56 см имеет 5000 витков. Какой ток необходимо пропустить через катушку, чтобы индукция магнитного поля на ее оси была равна 1 Тл?

9. Определить радиус кругового витка проволоки, чтобы при прохождении по нему тока 2 А в его центре напряженность магнитного поля была равна 20А/м? среда – воздух.
10. Определить магнитный поток внутри катушки индуктивностью 0,005 Гн, по которой проходит ток 2 А.
11. Определить индуктивность катушки, если в ней при прохождении тока 2 А энергия магнитного поля была равна 1 Дж?
12. Определить модуль э.д.с. самоиндукции, которая возбуждается в обмотке электромагнита индуктивностью 0.5 Гн при равномерном изменении силы тока на 6 а за каждые 0,03 с.
13. Проводник длиной 2 м вращается в однородном магнитном поле с индукцией 4 Тл вокруг оси, проходящей через один из его концов, с угловой скоростью 2 рад/с перпендикулярно линиям магнитной индукции. Чему равна разность потенциалов между концами проводника?
14. Проводник MN длиной 0,5 м и сопротивлением 5 Ом лежит на двух горизонтальных проводниках, замкнутых на источник тока, ЭДС которого 4 В. Проводники находятся в вертикальном магнитном поле с индукцией 0,4 Тл. Определите силу тока в проводнике, если он движется равномерно со скоростью 6 м/с а) вправо; б) влево. Сопротивлением проводников, по которым скользит проводник MN, можно пренебречь.
15. Самолёт летит горизонтально со скоростью 828 км /ч. Определите разность потенциалов между концами его крыльев, если модуль вертикальной составляющей магнитной индукции земного магнитного поля $6 \cdot 10^{-5}$ Тл, а размах крыльев 13 м.
16. Медное кольцо из провода диаметром 4 мм расположено в однородном магнитном поле, магнитная индукция которого меняется по модулю со скоростью 1,4 Тл/с. Плоскость кольца перпендикулярна вектору магнитной индукции. Чему равен диаметр кольца, если сила индукционного тока, возникающего в нём, равна 10 А? Удельное сопротивление меди $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8}$ Ом • м.
17. Магнитный поток через контур проводника сопротивлением $3,5 \cdot 10^{-2}$ Ом за 2 с изменился на $1,4 \cdot 10^{-2}$ Вб. Определите силу тока в проводнике, если изменение потока происходило равномерно.

18. Плоская горизонтальная фигура площадью $0,2 \text{ м}^2$, ограниченная проводящим контуром, сопротивление которого 6 Ом , находится в однородном магнитном поле. Какой заряд проходит по контуру за большой промежуток времени, пока проекция магнитной индукции на вертикаль Z равномерно меняется от $B_{1z} = 3 \text{ Тл}$ до $B_{2z} = -3 \text{ Тл}$?
19. Энергия магнитного поля катушки, по которой идёт постоянный ток, равна 5 Дж . Магнитный поток через катушку равен $0,5 \text{ Вб}$. Определите силу тока.
20. Чему равны индуктивность и энергия магнитного поля соленоида, если при силе тока, равной 8 А , магнитный поток через соленоид равен $0,4 \text{ Вб}$?
21. Определите число витков соленоида индуктивностью 3 Гн , если сила тока в нём равна 6 А , а магнитный поток через площадь одного витка соленоида равен $0,004 \text{ Вб}$.

Практическая работа № 14.

«Механические колебания и волны».

Цель: Закрепить знания по теме «Механические колебания и волны», сформировать умения и навыки нахождения физической величины, её вывода из формулы.

Порядок выполнения работы:

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

Теоретическая часть.

Колебание - это периодическое движение, при котором тело (частица), проходя через положение равновесия, отклоняется от него попеременно то в одну, то в другую сторону.

Время, за которое совершается одно полное колебание, называется периодом T , а величина, обратная периоду, - частотой колебаний ν :

$$\nu = 1/T$$

Частота определяет количество колебаний, совершенных за 1 с . Единица частоты - герц (Гц).

$$n = \nu \cdot t,$$

где n -число колебаний.

Важнейший вид колебаний - гармонические, они вызываются действием силы, пропорциональной смещению x . Смещение точки, участвующей в гармоническом колебании, определяется уравнением

$$x = A \cdot \sin(\omega t + \varphi_0),$$

где A — амплитуда колебания; $\omega t + \varphi_0 = \varphi$ — фаза; φ_0 — начальная фаза; ω — круговая (циклическая) частота.

$$\omega = 2\pi\nu, \text{ или } \omega = 2\pi/T$$

Единица круговой частоты – радиан в секунду (рад/с).

Примечание. В данном уравнении гармонического колебания A выражает максимальное смещение ($x_{\text{макс}}$) и может обозначаться через X . По аналогии амплитуды скорости ($v_{\text{макс}}$) и ускорения ($a_{\text{макс}}$) можно обозначать соответственно через v и A .

Математический маятник (материальная точка, подвешенная на невесомой и нерастяжимой нити) имеет период малых колебаний

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

Для груза массой m , колеблющегося на пружине жесткостью k , круговая частота и период колебаний равны:

$$\omega = \sqrt{k/m}; \quad T = 2\pi\sqrt{m/k}$$

Колеблющееся тело обладает потенциальной и кинетической энергией. Для груза, колеблющегося на пружине, полная энергия колебаний равна

$$W = (kA^2)/2,$$

Энергия для груза при произвольном смещении x равна

$$W = W_{\text{п}} + W_{\text{к}} = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

Если колеблющаяся частица находится в среде, то она вовлекает в колебательное движение находящиеся рядом частицы — в среде распространяется волна. Скорость v и длина волны λ связаны соотношением

$$v = \lambda/T, \text{ или } v = \lambda \cdot \nu$$

Скорость волны не зависит от частоты колебаний, а зависит только от

свойств среды. Таким образом, при переходе в другую среду изменяются скорость и длина волны, а частота остается неизменной.

Волны частотой от 16 Гц до 20 кГц воспринимаются человеческим ухом и называются звуковыми волнами. Скорость звука обычно обозначается буквой c .

Примеры решения задач.

Пример №1. Мальчик качается на доске. Время, за которое он из верхнего положения опускается в нижнее, равно 1,5 с. Чему равна частота, круговая частота и период колебаний?

Дано:	Решение:
$T=1,5\text{ с}$	Период колебаний в данном случае можно определить как
$\omega=?\ v=?$	время, прошедшее между двумя последовательными самыми
$T=?$	высокими (или самыми низкими) положениями мальчика.

$$T = 2t \quad v = 1/T \quad \omega = 2\pi v$$

$$T=2 \cdot 1,5\text{с} = 3\text{с}$$

$$v = 1/3 \approx 0,33\text{с}^{-1}$$

$$\omega = 6,28 \cdot 0,33\text{с}^{-1} = 2,1\text{ рад/с}$$

Пример №2. Как изменится период колебаний маятника, если он находится в лифте, движущемся вверх с ускорением 0,3 g?

Дано:	Решение:
$a = 0,3g$	Перейдем в систему координат, связанную с лифтом.
сила	Тогда на маятник дополнительно будет действовать

$T=?$ инерции, равная ma и направленная в сторону, противоположную ускорению a . Чтобы пояснить это, рассмотрим покоящийся маятник. На него действуют силы натяжения нити F и тяжести mg .

Движется маятник с ускорением a вместе с лифтом. Запишем второй закон Ньютона:

$$F - mg = ma, \text{ или } F = m(g + a).$$

Таким образом, вес шарика как бы увеличился на величину ma , которую мы и называем силой инерции. Тогда в формуле для периода колебаний нужно вместо g поставить $g + a$:

$$T = 2\pi\sqrt{l/(g + a)}$$

При отсутствии ускорения

$$T_0 = 2\pi\sqrt{l/g}$$

Разделив почленно оба эти равенства, получим:

$$T = T_0\sqrt{g/(g + a)}$$

$$T = T_0\sqrt{g/(g + 0,3g)} = T_0/(\sqrt{1,3}) = T_0/1,14 = 0,877T_0$$

Период колебаний маятника уменьшится в 1,14 раза.

Пример №3. Составить уравнение гармонического колебания математического маятника, длина которого 2,45 м, амплитуда колебаний 0,1 м.

Дано:	Решение:
$l=2,45 \text{ м,}$	$x = A \cdot \sin \frac{2\pi}{T}$
$A=0,1 \text{ м}$	$T = 2\pi\sqrt{l/g}$
$g=9,8\text{м/с}^2$	$T = 6,28\sqrt{2,45\text{м}/9,8\text{м/с}^2}=3,14 \text{ с}$
$x=?$	$x = 0,1 \sin 2t$

Индивидуальные задания для практической работы № 14.

1. Определить период колебаний материальной точки, совершившей 50 полных колебаний за 20 с.

2. Сколько колебаний совершит материальная точка за 5 с при частоте колебаний 440 Гц?
3. Тело, подвешенное на нерастяжимой нити длиной 80 см, отклонено от положения равновесия на угол 20° . Определить смещение тела от положения равновесия.
4. Дано уравнение колебательного движения $x = 0,4 \sin 5\pi t$. Определить амплитуду, период колебания и смещение при $t=0,1$ с.
5. Материальная точка совершает гармоническое колебание с амплитудой 0,03 м и периодом 0,2 с. Составить уравнение колебания и определить смещение при $t=0,1$ с.
6. Ускорение свободного падения на поверхности Луны $1,6 \text{ м/с}^2$. Какой длины должен быть математический маятник, чтобы его период колебания на Луне равен 1 с?
7. Тело массой 0,2 кг подвешено на пружине, жесткость которой $k=2 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$. Определить частоту свободных колебаний этого тела на пружине.
8. Определить длину волны, если ее скорость равна 1500 м/с, а частота 500 Гц.
9. Какой путь пройдет фаза волнового движения за 0,02 с, если частота колебаний равна 2 МГц, а длина волны 150 м?
10. Движение тела описывается уравнением $x = 4,25 \sin(0,3t + 0,75)$. Чему равна амплитуда колебаний, круговая частота, начальная фаза и период? Чему равна фаза в момент времени $t=0,5$ с?
11. Сколько колебаний совершает математический маятник длиной 6,4 м за 3 мин?
12. Вертикально подвешенная пружина растягивается прикрепленным к ней грузом на 1,6 см. Чему равен период T свободных колебаний груза? (Массой пружины можно пренебречь.)
13. На гладком горизонтальном стержне находится груз, прикрепленный к пружине. Другой конец пружины закреплен. Потянув за груз, пружину растягивают, при этом внешняя сила совершает работу 60,5 Дж. Затем груз отпускают. Жесткость пружины 10^3 Н/м , масса груза 4 г. Запишите уравнение колебаний груза и определите его координаты в моменты времени, равные $2\pi \text{ мс}$, $\pi/2 \text{ мс}$, $\pi \text{ мс}$.

14. Тело совершает гармоническое колебание по закону $x = 20 \sin \pi t$.
Определить амплитуду, период колебания и смещение в момент времени, равный 0,5 с.
15. Определить жесткость пружины, если тело массой 0,8 кг, подвешенное к этой пружине, совершает колебания с периодом 0,4 с.
16. Тело массой 0,5 кг подвешено на пружине, жесткость которой $5 \cdot 10^3$ Н/м.
Определить частоту свободных колебаний этого тела на пружине.
17. Тело массой 300 г совершает колебания в горизонтальной плоскости с амплитудой 4 см под действием пружины жёсткостью 15 Н /м. Определите циклическую частоту колебаний тела и энергию системы.
18. Тело совершает гармоническое колебание по закону $x = 25 \sin 3\pi t$.
Определить амплитуду, период колебания и смещение в момент времени, равный 0,5 с.
19. Составить уравнение гармонического колебания математического маятника, длина которого 3,6 м, амплитуда колебаний 0,3 м.
20. Лодка качается на волнах, при этом расстояние между ближайшими гребнями волн равно 9 м. Определите скорость распространения волн, если период колебаний лодки равен 3 с.
21. Звук распространяется в воде со скоростью 1600 м /с. Расстояние между ближайшими точками, в которых колебания происходят в противофазе, равно 0,4 м. Определите частоту звуковой волны.
22. На расстоянии 1000 м от наблюдателя ударяют молотком по железнодорожному рельсу. Наблюдатель, приложив ухо к рельсу, услышал звук на 5 с раньше, чем звук дошёл до него по воздуху. Чему равна скорость звука в стали? (Скорость звука в воздухе примите равной 350 м /с).

Практическая работа № 15.

«Период и частота переменного тока. Индуктивность и ёмкость в цепи переменного тока».

Цель: Закрепить знания по теме «Период и частота переменного тока. Индуктивность и ёмкость в цепи переменного тока», 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.

Электрический ток, изменяющийся с течением времени, называется переменным электрическим током. Электрический ток называется периодическим, если его значения повторяются через равные промежутки времени (периоды). В электротехнике чаще всего используется гармонический ток – периодический переменный электрический ток, являющийся синусоидальной функцией времени.

При вращении рамки в однородном магнитном поле на ее концах возникает ЭДС индукции

$$e = \mathcal{E}_m \cdot \sin \omega t$$

где e – мгновенное, а $\mathcal{E}_m$ – максимальное, или амплитудное, значение ЭДС; ω – угловая скорость вращения рамки и круговая частота переменной ЭДС.

Сопротивление R , в котором выделяется теплота при прохождении по нему тока, называется активным. Если замкнуть рамку на нагрузку с активным сопротивлением, то по нему будет проходить переменный электрический ток, а на концах появиться переменное напряжение:

$$U = U_m \sin \omega t$$

где U_m – амплитудное значение напряжения; ω – круговая частота, рад/с; t – время.

$$i = I_m \sin \omega t$$

При этом $u = iR$.

Переменный ток эквивалентен постоянному току такой же мощности, тогда эффективные (действующие) значения напряжения и силы переменного тока будут равны:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}; I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

Цепь переменного тока, содержащая катушку индуктивностью L , обладает индуктивным сопротивлением

$$X_L = \omega \cdot L$$

Цепь переменного тока, содержащая конденсатор емкостью C , обладает ёмкостным сопротивлением

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

Величины X_L и X_C называются реактивным сопротивлением.

Для последовательно соединенных конденсатора, резистора и катушки индуктивности реактивное сопротивление равно

$$X = X_L - X_C$$

А общее сопротивление равно

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Используя амплитудные или действующие значения, можно записать закон Ома для переменного тока:

$$U_m = I_m \cdot Z ; U = I \cdot Z$$

Средняя мощность, выделяемая в цепи переменного тока, определяется формулами:

$$\bar{P} = \frac{I_m \cdot U_m}{2} \cdot \cos \varphi = I \cdot U \cdot \cos \varphi$$

В электротехнике вводят понятие активной, реактивной и полной мощности. Активная мощность P связана с превращением электрической энергии в теплоту и равна:

$$P = I^2 \cdot R$$

Единица активной мощности – ватт (Вт).

Реактивная мощность Q равна:

$$Q = I^2 \cdot X_L \text{ или } Q = I^2 \cdot X_C$$

Единица реактивной мощности – вольт-ампер реактивный (вар).

Полная мощность равна

$$S = I^2 \cdot Z$$

Активную, реактивную и полную мощности можно выразить через действующие значения тока и напряжения всей цепи:

$$P = I \cdot U \cdot \cos \varphi ; Q = I \cdot U \cdot \sin \varphi ; S = I \cdot U$$

Здесь $\cos \varphi$ – коэффициент мощности. Его можно найти как отношение активного сопротивления к полному или активной мощности к полной:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{P}{S}$$

Примеры решения задач.

Пример №1. К генератору переменного тока последовательно подключили нагрузку с активным сопротивлением 20 Ом, катушку индуктивностью 0,0398 Гн и конденсатор емкостью 159 мкФ. Частота переменного тока 100 Гц. Найти полное сопротивление цепи.

Дано:	Решение:
R=20 Ом,	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$
L=0,0398Гн,	$X_L = \omega \cdot L, \quad X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$
C=159· 10 ⁻⁶ Ф,	$\omega = 2\pi \cdot \nu$
$\nu = 100$ Гц	$\omega=2 \cdot 3,14 \cdot 100 \text{ Гц} = 628 \text{ рад/с}$
Z-?	$X_L = 628 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \cdot 0,0398 \text{ Гн} \approx 25 \text{ Ом}$ $X_C = \frac{1}{628\text{рад/с} \cdot 159 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} \approx 10 \text{ Ом}$ $Z = \sqrt{400 \text{ Ом}^2 + 225 \text{ Ом}^2} = 25 \text{ Ом}$

Пример №2. Электродвижущая сила индукции, возникающая в рамке при вращении ее в однородном магнитном поле, изменяется по закону

$e = 12 \cdot \sin 100\pi t$. Определить: 1). Амплитудное значение э.д.с.; 2). Действующее значение э.д.с.; 3). Период и частоту тока; 4). Мгновенное значение э.д.с. при t=0,01 с.

Дано:	Решение.
$e = 12 \cdot \sin 100\pi t$,	1). $\varepsilon_0 = 12 \text{ В}$

$$t=0,01 \text{ с}$$

$$2). \varepsilon_d = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{2}} = 8,5 \text{ В}$$

$$\varepsilon_0, \varepsilon_d, T, \nu - ?$$

$$3). \frac{2\pi}{T} = 100\pi, T=0,02 \text{ с}$$

$$\text{е при при } t=0,01 \text{ с } -? \quad 4). \nu = \frac{1}{T} = 50 \text{ с}^{-1} \quad 5). e = 12 \sin \pi = 0$$

Пример №3. При какой частоте переменного тока наступит резонанс напряжений в цепи, состоящей из последовательно соединенных катушки индуктивностью 0,5 Гн и конденсатора емкостью 200 мкФ.

Дано:	Решение.
$L=0,5 \text{ Гн},$	Резонанс напряжений наступит при условии $X_L = X_C$
$C = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Ф}$	$\nu_{\text{рез}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
$\nu_{\text{рез}} - ?$	$\nu_{\text{рез}} = \frac{1}{6,28\sqrt{0,5 \text{ Гн} \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ Ф}}} \approx 16 \text{ Гц}$

Индивидуальные задания для практической работы № 15.

1. Определить полное сопротивление цепи, если активное сопротивление $R=10 \text{ Ом}$, индуктивность катушки $L=40 \text{ мГн}$ и емкость конденсатора $C=50 \text{ мкФ}$. По цепи проходит ток стандартной частоты.
2. Как изменится индуктивное сопротивление катушки, если ее включить в цепь переменного тока с частотой 10 кГц вместо 50 Гц .
3. К генератору переменного тока последовательно подключили нагрузку с активным сопротивлением 40 Ом , катушку индуктивностью $0,0365 \text{ Гн}$ и конденсатор емкостью 175 мкФ . Частота переменного тока 120 Гц . Найти полное сопротивление цепи.
4. Катушка индуктивностью 20 мГн включена в сеть переменного тока с частотой 50 Гц . Определить индуктивное сопротивление катушки.
5. Амперметр, включенный в цепь переменного тока, показывает 3 А . Чему равно амплитудное значение силы тока?
6. Мгновенное значение напряжения определяется формулой $u = 179 \sin \omega t$. Определить мгновенные значения напряжения для следующих моментов

- времени: 0; 0,0025; 0,005; 5/6; 4/3; 0,0175; и 0,02 с. Частота переменного тока 50 Гц.
7. В цепи переменного тока с частотой 400 Гц последовательно включены: катушка индуктивностью 0,15 Гн, резистор сопротивлением 500 Ом и конденсатор емкостью 2 мкФ. Определить полное сопротивление цепи.
 8. Электродвижущая сила индукции, возникающая в рамке при вращении ее в однородном магнитном поле, изменяется по закону $e = 14 \cdot \sin 200\pi t$. Определить: 1). Амплитудное значение э.д.с.; 2). Действующее значение э.д.с.; 3). Период и частоту тока; 4). Мгновенное значение э.д.с. при $t=0,01$ с.
 9. На участок цепи, содержащий катушку индуктивностью 0,1 Гн и конденсатор емкостью 20 мкФ, подано напряжение 60 В с частотой 50 Гц. Какова средняя мощность, выделяемая в цепи за период? Чему равны реактивная и полная мощности?
 10. В рамке, равномерно вращающейся в однородном магнитном поле, индуцируется ток, мгновенное значение которого выражается формулой $i = 3 \sin 157t$. Определить: 1) амплитудное значение силы тока; 2) действующее значение силы тока; 3) период и частоту тока; 4) мгновенное значение силы тока при $t=0,01$ с.
 11. Конденсатор ёмкостью $8 \cdot 10^{-4}$ Ф включен в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определить силу тока на участке цепи с конденсатором, если сопротивление подводящих проводов равно 5 Ом, а напряжение на всем участке цепи 12 В.
 12. Конденсатор ёмкостью 10^{-6} Ф включен в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определить емкостное сопротивление конденсатора.
 13. Напряжение на конденсаторе в цепи переменного тока меняется с циклической частотой 3000 с^{-1} . Амплитуда колебаний напряжения и силы тока 200 В и 9 А. Определите ёмкость конденсатора.
 14. Индуктивность катушки равна 0,25 Гн. Уравнение колебаний силы тока в ней $i = 0,5 \cos (4 \cdot 10^3 t)$, где все величины выражены в СИ. Определите амплитуду напряжения на катушке и действующее напряжение в цепи.

15. Проволочная рамка площадью 4000 см^2 имеет 200 витков и вращается в однородном магнитном поле с индукцией $4 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$. Максимальная ЭДС в рамке равна 2 В. Определите период вращения рамки.
16. В цепь переменного тока с частотой 400 Гц включена катушка индуктивностью 20 мГн. Определите ёмкость конденсатора, который надо включить в эту цепь, чтобы наступил резонанс.
17. В цепи сопротивление 30 Ом, индуктивность 0,3 Гн, ёмкость 100 мкФ, действующее напряжение $U = 85 \text{ В}$ и частота $\nu = 50 \text{ Гц}$. Определите действующее значение силы тока и разность фаз между напряжением и током.

Практическая работа № 16.

«Излучение. Электромагнитные волны».

Цель: Закрепить знания по теме «Излучение. Электромагнитные волны», 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.

Согласно гипотезе Максвелла процесс взаимного порождения изменяющимся электрическим полем магнитного поля и изменяющимся магнитным полем электрического поля может неограниченно распространяться, захватывая всё новые и новые области пространства. Распространяющиеся в пространстве переменные электрическое и магнитное поля, порождающие взаимно друг друга, называются **электромагнитной волной**.

Максвелл на основе своей теории математически доказал, что в вакууме скорость c электромагнитной волны должна быть равна: $c = 299\,792\,458 \text{ м/с} \sim 300\,000 \text{ км/с}$. Электромагнитные волны были открыты немецким физиком Генрихом Герцем в 1887 г. Измерив частоту ν гармонических колебаний в контуре и длину λ электромагнитной волны,

$$C_1 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}, \quad T = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$C_2 = 10^{-8} \text{ Ф}, \quad T_1 = 2 \cdot 3,14 \sqrt{2 \cdot 10^{-5} \text{ Гн} \cdot 2 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}} = 3,97 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad T_2 = 2 \cdot 3,14 \sqrt{2 \cdot 10^{-5} \text{ Гн} \cdot 10^{-8} \text{ Ф}} = 2,81 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

$$\lambda_1 = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \cdot 3,97 \cdot 10^{-6} \text{ с} = 1191 \text{ м}$$

$$\lambda_1, \lambda_2 - ? \quad \lambda_2 = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \cdot 2,81 \cdot 10^{-6} \text{ с} = 843 \text{ м}$$

$$\nu_1, \nu_2 - ? \quad \nu_1 = \frac{1}{3,97 \cdot 10^{-6} \text{ с}} = 252 \text{ кГц}$$

$$\nu_2 = \frac{1}{2,81 \cdot 10^{-6} \text{ с}} = 356 \text{ кГц}$$

Пример №2. В колебательном контуре максимальное напряжение на конденсаторе 120 В. Определить максимальную силу тока, если индуктивность катушки 0,005 Гн, а емкость конденсатора 10^{-5} Ф. Считать, что активное сопротивление пренебрежимо мало.

Дано:

Решение:

$$U_m = 120 \text{ В},$$

по закону сохранения и превращения энергии

максимальная энергия магнитного поля

$$L = 0,005 \text{ Гн},$$

должна равняться максимальной

$$C = 10^{-5} \text{ Ф}$$

$$\text{энергии электрического поля} \quad \frac{LI_m^2}{2} = \frac{CU_m^2}{2}$$

$$I_m - ?$$

$$I_m = U_m \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$I_m = 120 \text{ В} \cdot \sqrt{\frac{10^{-5} \text{ Ф}}{0,005 \text{ Гн}}} = 5,37 \text{ А}$$

Пример №3. Для радиоприемника требуется изготовить плоский конденсатор емкостью 7,5 нФ из пластинок металлической фольги площадью по 6,28 см² и слюдяных пластинок такой же площадью и толщиной 0,1 мм. Сколько пластинок металлической фольги потребуется для изготовления этого конденсатора? Диэлектрическая проницаемость слюды равна 7,5.

Дано:

Решение:

$$C = 7,5 \cdot 10^{-9} \text{ Ф},$$

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot S \cdot (n-1)}{d}, \quad n = \frac{C \cdot d}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot S} + 1$$

$$S = 6,28 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2, \quad n = \frac{7,5 \cdot 10^{-9} \Phi \cdot 10^{-4} \text{ м} \cdot 36 \cdot 3,14 \cdot 10^9 \text{ м/}\Phi}{7,5 \cdot 6,28 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} + 1 = 19$$

$$d = 10^{-4} \text{ м},$$

$$\varepsilon = 7,5,$$

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} \text{ Ф/м}$$

n-?

Индивидуальные задания для практической работы № 16.

1. Радиоприемник настроен в резонанс с передающей радиостанцией на длине волны 300 м при емкости колебательного контура 200 мкФ. На какую длину радиоволны будет настроен радиоприемник, если, не меняя индуктивности колебательного контура, изменить его емкость на 800 мкФ?
2. На какую длину волны настроен колебательный контур радиоприемника индуктивностью 0,2 мГн, если максимальная сила тока в контуре равна 0,1 А, а максимальное напряжение на конденсаторе 200 В.
3. На какую длину волны настроен колебательный контур радиоприемника индуктивностью 0,3 мГн, если максимальная сила тока в контуре равна 0,2 А, а емкость конденсатора 10^{-4} Ф
4. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 20 пФ и катушки индуктивностью 20 мГн. Какова частота и период собственных колебаний контура?
5. Колебательный контур состоит из конденсатора, емкость которого меняется от 10^{-9} Ф до 40 пФ, и катушки индуктивностью 2 мГн. На какие длины волн рассчитан контур?
6. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 0,01 мГн и конденсатора емкостью 10^{-9} Ф. На какую длину волны настроен контур? Какой частоте соответствует данная длина волны?
7. Колебательный контур излучает электромагнитные колебания с длиной волны 500 м. Определить емкость конденсатора, включенного в контур, если индуктивность контура 1,5 мГн.

8. Определить энергию электрического поля конденсатора, ёмкость которого 6 мкФ, если напряжение на его обкладках равно 400 В.
9. В колебательном контуре максимальное напряжение на конденсаторе 140 В. Определить максимальную силу тока, если индуктивность катушки 0,008 Гн, а ёмкость конденсатора 10^{-6} Ф. Считать, что активное сопротивление пренебрежимо мало.
10. В каком диапазоне длин волн может работать радиоприёмник, если ёмкость конденсатора его колебательного контура изменяется от $4 \cdot 10^{-10}$ до $8 \cdot 10^{-10}$ Ф, а индуктивность катушки — от $9 \cdot 10^{-6}$ до $10 \cdot 10^{-4}$ Гн?
11. В схеме радиоприёмника, индуктивность катушки $2 \cdot 10^{-4}$ Гн, ёмкость переменного конденсатора может меняться от 18 до 320 пФ. На какие длины волн рассчитан этот радиоприёмник?
12. В каком диапазоне длин волн может работать радиоприёмник, если ёмкость конденсатора его колебательного контура изменяется от $5 \cdot 10^{-10}$ до $12 \cdot 10^{-10}$ Ф, а индуктивность катушки — от $5 \cdot 10^{-6}$ до $10 \cdot 10^{-4}$ Гн?
13. В схеме радиоприёмника, индуктивность катушки $4 \cdot 10^{-4}$ Гн, ёмкость переменного конденсатора может меняться от 20 до 225 пФ. На какие длины волн рассчитан этот радиоприёмник?

Практическая работа № 17.

«Оптическая сила линзы. Формулы для сопряжённых точек тонкой линзы».

Цель: Закрепить знания по теме «Оптическая сила линзы. Формулы для сопряжённых точек тонкой линзы», 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.

Согласно корпускулярной теории, свет представляет собой поток частиц (корпускул), испускаемых светящимися телами. Ньютон считал, что движение световых корпускул подчиняется законам механики. Так, отражение света понималось аналогично отражению упругого шарика от плоскости. Преломление света объяснялось изменением скорости корпускул при переходе из одной среды в другую. Для случая преломления света на границе среда 1–среда 2 корпускулярная теория приводила к следующему виду закона преломления:

$$\frac{\sin i}{\sin \beta} = n_{2,1} = \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}$$

где ϑ_1 – скорость света в первой среде, ϑ_2 – скорость распространения света во второй среде. Абсолютный показатель преломления $n = \frac{c}{\vartheta}$, где c – скорость света в вакууме.

Так как $n > 1$, из корпускулярной теории следовало, что скорость света в средах должна быть больше скорости света в вакууме. Ньютон пытался также объяснить появление интерференционных полос, допуская определенную периодичность световых процессов. Таким образом, корпускулярная теория Ньютона содержала в себе элементы волновых представлений. Волновая теория, в отличие от корпускулярной, рассматривала свет как волновой процесс, подобный механическим волнам.

В основу волновой теории был положен принцип Гюйгенса, согласно которому каждая точка, до которой доходит волна, становится центром вторичных волн, а огибающая этих волн дает положение волнового фронта в следующий момент времени. С помощью принципа Гюйгенса были объяснены законы отражения и преломления.

Для случая преломления света на границе вакуум–среда приводит к следующему выводу:

$$\frac{\sin i}{\sin \beta} = n = \frac{c}{\vartheta}$$

Закон преломления, полученный из волновой теории, оказался в противоречии с формулой Ньютона. Волновая теория приводит к выводу: $\vartheta < c$, тогда как согласно корпускулярной теории $\vartheta > c$.

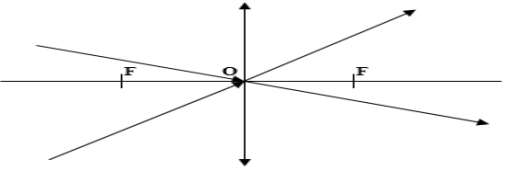
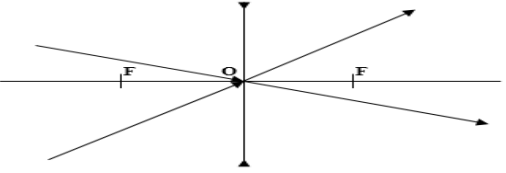
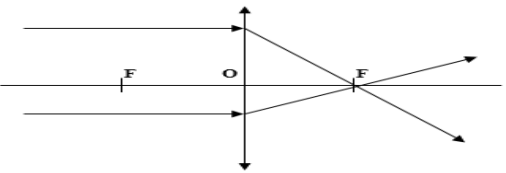
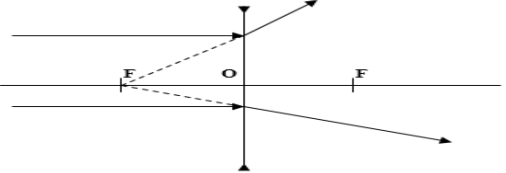
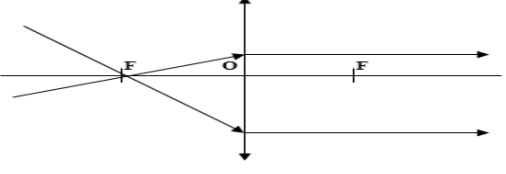
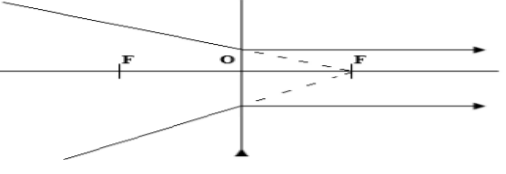
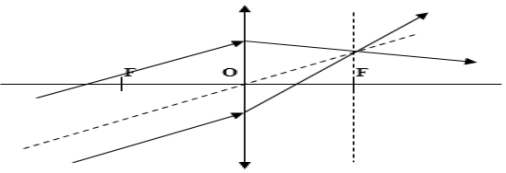
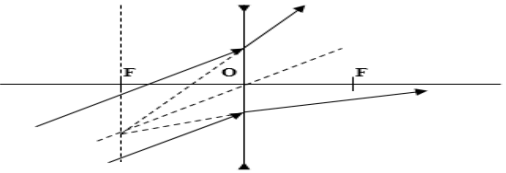
Линзой называется прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями. Если толщина самой линзы мала по сравнению с радиусами кривизны сферических поверхностей, то линзу называют **тонкой**.

Линзы бывают **собирающими** и **рассеивающими**. Если показатель преломления линзы больше, чем окружающей среды, то собирающая линза в середине толще, чем у краев, рассеивающая линза, наоборот, в средней части тоньше. Если показатель преломления линзы меньше, чем окружающей среды, то всё наоборот.

Прямая, проходящая через центры кривизны сферических поверхностей, называется **главной оптической осью линзы**. В случае тонких линз можно приближенно считать, что главная оптическая ось пересекается с линзой в одной точке, которую принято называть **оптическим центром линзы**. Луч света проходит через оптический центр линзы, не отклоняясь от первоначального направления. Все прямые, проходящие через оптический центр, называются **побочными оптическими осями**.

Если на линзу направить пучок лучей, параллельных главной оптической оси, то после прохождения через линзу лучи (или их продолжения) соберутся в одной точке F , которая называется **главным фокусом линзы**. У тонкой линзы имеются два главных фокуса, симметрично расположенных относительно линзы на главной оптической оси. У собирающих линз фокусы действительные, у рассеивающих – мнимые. Расстояние между оптическим центром линзы O и главным фокусом F называется **фокусным расстоянием**. Оно обозначается той же буквой F .

Правила построения хода луча в линзах

Собирающие линзы	Рассеивающие линзы
1. Луч света, проходящий через оптический центр, не преломляется.	
	
2. Луч света, падающий на линзу параллельно главной оптической оси, после преломления ...	
... проходит через фокус линзы.	... продолжением проходит через мнимый фокус линзы.
	
3. Луч света, проходящий через фокус, после преломления будет параллелен главной оптической оси.	
	
4. Для построения хода произвольного луча нужно провести параллельную ему побочную оптическую ось до пересечения ...	
... с фокальной плоскостью. Преломленный луч провести через полученную точку.	... с мнимой фокальной плоскостью. Преломленный луч продолжением провести через полученную точку.
	

Формула линзы

Основное свойство линз — способность давать изображения предметов. **Изображение** — это точка пространства, где пересекаются лучи (или их продолжения), испущенные источником после преломления в линзе.

Изображения бывают **прямыми** и **перевернутыми**, **действительными**

(пересекаются сами лучи) и **мнимыми** (пересекаются продолжения лучей), **увеличенными** и **уменьшенными**.

Положение изображения и его характер можно определить с помощью геометрических построений. Для этого используют свойства некоторых стандартных лучей, ход которых известен. Это лучи, проходящие через оптический центр или один из фокусов линзы, а также лучи, параллельные главной или одной из побочных оптических осей.

Для простоты можно запомнить, что изображение точки будет точкой. Изображение точки, лежащей на главной оптической оси, лежит на главной оптической оси. Изображение отрезка – отрезок. Если отрезок перпендикулярен главной оптической оси, то его изображение перпендикулярно главной оптической оси. А вот если отрезок наклонен к главной оптической оси под некоторым углом, то его изображение будет наклонено уже под некоторым другим углом.

Изображения можно также рассчитать с помощью **формулы тонкой линзы**. Если кратчайшее расстояние от предмета до линзы обозначить через d , а кратчайшее расстояние от линзы до изображения через f , то формулу тонкой линзы можно записать в виде:

$$\pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} = \pm \frac{1}{F} = D$$

Величину D , обратную фокусному расстоянию, называют **оптической силой линзы**. Единица измерения оптической силы является 1 диоптрия (дптр). Диоптрия – оптическая сила линзы с фокусным расстоянием 1 м.

Фокусным расстояниям линз принято приписывать определенные знаки: для собирающей линзы $F > 0$, для рассеивающей $F < 0$. Оптическая сила рассеивающей линзы также отрицательна.

Величины d и f также подчиняются определенному правилу знаков: $f > 0$ – для действительных изображений; $f < 0$ – для мнимых изображений. Перед d знак «–» ставится только в том случае, когда на линзу падает сходящийся пучок лучей. Тогда их мысленно продлевают до пересечения за линзой, помещают туда воображаемый источник света, и определяют для него расстояние d .

В зависимости от положения предмета по отношению к линзе изменяются линейные размеры изображения. **Линейным увеличением** линзы Γ называют отношение линейных размеров изображения и предмета. Для линейного увеличения линзы существует формула:

$$\Gamma = \frac{h_{\text{изображения}}}{h_{\text{предмета}}} = \frac{f}{d}$$

Формула сферического зеркала имеет вид

$$\pm \frac{1}{f} = \frac{1}{a} \pm \frac{1}{a'}$$

Здесь a и a' - соответственно расстояния от предмета и от его изображения до зеркала. Знак минус показывает, что зеркало выпуклое, знак плюс – что зеркало вогнутое.

Линейное увеличение

$$k = \frac{a}{a'} = \frac{f}{a \pm f}$$

Здесь «-» в знаменателе соответствует вогнутому, а «+» выпуклому зеркалу.

Примеры решения задач.

Пример №1. Длина волны красного света в вакууме равна 750 нм. Определить частоту колебаний в волне красного света.

Дано:

$$\lambda = 7,5 \cdot 10^{-7} \text{ м,}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

Решение:

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\nu = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{7,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = 4 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

ν —?

Пример №2. Радиус кривизны выпуклого сферического зеркала 1,2 м. На каком расстоянии от зеркала находится предмет высотой 12 см, если от мнимого изображения до зеркала 0,35 м? Какой высоты получилось изображение предмета?

Дано:

$$R = 1,2 \text{ м,}$$

$$a' = 0,35 \text{ м,}$$

$$h = 0,12 \text{ м}$$

Решение:

$$-\frac{1}{f} = \frac{1}{a} - \frac{1}{a'} \quad \frac{h'}{h} = \frac{a'}{a}$$

$$a = \frac{f \cdot a'}{f - a'} \quad f = \frac{R}{2}$$

$$f = \frac{1,2 \text{ м}}{2} = 0,6 \text{ м}$$

$$a = \frac{0,35 \text{ м} \cdot 0,6 \text{ м}}{0,6 \text{ м} - 0,35 \text{ м}} = 0,84 \text{ м.}$$

a-? h'-?

$$h' = \frac{h \cdot a'}{a}$$

$$h' = \frac{0,12 \text{ м} \cdot 0,35 \text{ м}}{0,84 \text{ м}} = 0,05 \text{ м.}$$

Пример №3. Световые волны в некоторой жидкости имеют длину волны 600 нм и частоту $4 \cdot 10^{14}$ Гц. Определить абсолютный показатель преломления этой жидкости.

Дано:

$$\lambda = 6 \cdot 10^{-7} \text{ м,}$$

$$\nu = 4 \cdot 10^{14} \text{ Гц,}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

Решение:

$$n = \frac{c}{v} = \frac{c}{\lambda \cdot \nu}$$

$$n = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{6 \cdot 10^{-7} \text{ м} \cdot 4 \cdot 10^{14} \text{ Гц}} = 1,25$$

n-?

Пример №4. В алмазе свет распространяется со скоростью $1,22 \cdot 10^8$ м/с. определить предельный угол полного внутреннего отражения света в алмазе при переходе светового пучка из алмаза в воздух.

Дано:

$$v = 1,22 \cdot 10^8 \text{ м/с,}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

Решение:

$$\sin i_{\text{пр}} = \frac{1}{n} = \frac{v}{c}$$

$$\sin i_{\text{пр}} = \frac{1,22 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}} = 0,4067$$

$i_{\text{пр}}$ -?

$$i_{\text{пр}} = 24^\circ$$

Индивидуальные задания для практической работы № 17.

1. На каком расстоянии от выпуклого зеркала находится предмет, если его изображение получилось на расстоянии 1 м от зеркала? Фокусное расстояние зеркала 1,5 м.
2. Вогнутое сферическое зеркало радиусом кривизны 1 м дает мнимое изображение, которое расположено за зеркалом на расстоянии 75 см. Определить на каком расстоянии от зеркала находится предмет и фокусное расстояние зеркала.

3. Радиус кривизны выпуклого сферического зеркала 1,8 м. На каком расстоянии от зеркала находится предмет высотой 24 см, если от мнимого изображения до зеркала 0,45 м? Какой высоты получилось изображение предмета?
 4. Вогнутое сферическое зеркало дает мнимое, увеличенное в 10 раз изображение предмета, находящегося от него на расстоянии 909 см. определить фокусное расстояние зеркала.
 5. Вогнутое сферическое зеркало дает в три раза увеличенное обратное изображение предмета. Расстояние от предмета до изображения 28 см. Чему равны фокусное расстояние и радиус кривизны поверхности зеркала?
 6. Определить абсолютный показатель преломления и скорость распространения света в слюде, если при угле падения светового пучка 54° угол преломления равен 30° .
 7. При угле падения 60° угол преломления равен 40° . Определить угол преломления в этой же среде, если световой пучок направить под углом 30° .
 8. Световой пучок переходит из воздуха в воду. Угол падения 76° , угол преломления 47° . Определить скорость света в воде.
 9. Частота световых колебаний равна $4 \cdot 10^{14}$ Гц. Определить длину волны этого излучения в алмазе. Абсолютный показатель преломления алмаза 2,42.
 10. Вогнутое сферическое зеркало дает в четыре раза увеличенное обратное изображение предмета. Расстояние от предмета до изображения 32 см. Чему равны фокусное расстояние и радиус кривизны поверхности зеркала?
1. осами ($1 \text{ рад} = 206265''$).

Практическая работа № 18.

«Тепловое действие света. Химическое действие света».

Цель: Закрепить знания по теме «Тепловое действие света. Химическое действие света», 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.

Видимое излучение наряду с волновыми проявляет и корпускулярные свойства. При небольших частотах в большей степени проявляются волновые свойства электромагнитного излучения. При очень больших частотах на первое место выступают корпускулярные свойства.

По теории планка излучение рассматривается как процесс дискретный (прерывистый). Порции энергии электромагнитного излучения называются квантами. Частицы, несущие кванты энергии, получили название фотонов.

Основной характеристикой является энергия E и импульс p :

$$E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda_0},$$

где h - постоянная Планка, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж · с ; λ_0 - длина волны излучения в вакууме.

Так как фотоны в отличие от других микрочастиц движутся со скоростью света, формулу импульса можно записать в виде $p = m \cdot c$.

Из формулы Эйнштейна $m = \frac{E}{c^2}$, следовательно,

$$p = \frac{E}{c} = h \cdot \frac{\nu}{c} \text{ или } p = \frac{h}{\lambda_0},$$

Масса фотона $m = h \cdot \frac{\nu}{c^2}$.

Сравнивая формулы энергии, импульса и массы, можно прийти к выводу: для монохроматического света у всех фотонов с частотой ν одинаковы энергия, импульс и масса. Покоящихся фотонов нет, следовательно, масса покоя фотона равна 0.

Фотоэффект – это явление, возникающее при взаимодействии излучения с веществом. При фотоэффекте за счет энергии излучения

фотонов, которому подвергается вещество, с его поверхности вырываются электроны (внешний фотоэффект).

Законы фотоэффекта:

1. Фототок насыщения прямо пропорционален световому потоку, падающему на поверхность вещества.

2. Максимальная кинетическая энергия электронов, высвобожденных с поверхности под действием излучения, не зависит от его интенсивности и определяется по формуле

$$\frac{m \cdot v_{\text{макс}}^2}{2} = e \cdot U_z,$$

где $v_{\text{макс}}$ – максимальная скорость электронов; U_z – минимальное задерживающее напряжение, при котором нет фототока; m и e – соответственно масса и заряд электрона.

Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта

$$h \cdot \nu = A_{\text{в}} + \frac{m \cdot v_{\text{макс}}^2}{2},$$

где $A_{\text{в}}$ – работа выхода, значение которой определяется кинетической энергией электрона при которой он может вырваться с поверхности вещества.

Наибольшая длина волны (наименьшая частота колебаний), при которой может наблюдаться фотоэффект, называется красной границей фотоэффекта для данного вещества.

Полагая в формуле Эйнштейна кинетическую энергию электрона равной нулю, можно определить длину волны, соответствующую красной границе фотоэффекта для различных материалов:

$$\frac{h \cdot c}{\lambda_{\text{к}}} = A_{\text{в}}; \quad \lambda_{\text{к}} = \frac{h \cdot c}{A_{\text{в}}}.$$

Работа фотоэлементов и фотосопротивлений основана на использовании внешнего и внутреннего фотоэффектов. Явление фотоэффекта нашло широкое применение в различных сферах человеческой деятельности.

Примеры решения задач.

Пример №1. Определить массу фотона красного излучения, длина волны которого 720 нм.

Дано:	Решение.
$\lambda = 7,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}$	$m = h \cdot \frac{\nu}{c^2}, \text{ где } \nu = \frac{c}{\lambda}.$
$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$	Тогда $m = \frac{h}{c \cdot \lambda}$
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	$m = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \cdot 7,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = 3 \cdot 10^{-36} \text{ кг}.$
$m - ?$	

Пример №2. Определить импульс фотона голубого излучения, длина волны которого 500 нм, при его полном поглощении и полном отражении телом.

Дано:	Решение.
$\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$	$p_{\Pi} = \frac{h}{\lambda}$
$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$	$p_{\Pi} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{5 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = 1,324 \cdot 10^{-27} \text{ Н} \cdot \text{с}$
$p_{\Pi} - ?$ $p_o - ?$	$p_o = \frac{2h}{\lambda}$
	$p_o = \frac{2 \cdot 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{5 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = 2,648 \cdot 10^{-27} \text{ Н} \cdot \text{с}$

Пример №3. Скорость света в воде 225 000 км/с, а длина световой волны 400 нм. Какова энергия фотонов света?

Дано:	Решение.
$\lambda = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$	$E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$
$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$	$E = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 225 \cdot 10^6 \text{ м/с}}{4 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = 3,7 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
$c = 225 \cdot 10^6 \text{ м/с}$	или $E = 2,3 \text{ эВ}$
$E - ?$	(1 электрон-вольт равен $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$).

Пример №4. Определить силу светового давления перпендикулярных солнечных лучей на поверхность площадью 100 м²,

если коэффициент отражения лучей равен 0,2 и солнечная постоянная $1,4 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2$.

Дано:	Решение.
$S = 100 \text{ м}^2$	$F = p \cdot S = \frac{E \cdot S}{c} \cdot (1 + k), (\text{р-давление})$
$k = 0,2$	$F = \frac{1,4 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2 \cdot 1,2 \cdot 100 \text{ м}^2}{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}} = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ Н.}$
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	
$E = 1,4 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2$	
$F - ?$	

Пример №5. Работа выхода электрона из цинка равна 3,74 эВ. Определить красную границу фотоэффекта для цинка. Какую скорость получают электроны, вырванные из цинка при облучении его ультрафиолетовым излучение с длиной волны 200 нм.

Дано:	Решение.
$A_{\text{в}} = 3,74 \text{ эВ} = 5,984 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$	$\lambda_{\text{к}} = \frac{h \cdot c}{A_{\text{в}}}$
$\lambda = 2 \cdot 10^{-7} \text{ м}$	$\lambda_{\text{к}} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{5,984 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}} = 3,32 \cdot 10^{-7} \text{ м}$
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	Энергия фотонов ультрафиолетового
$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$	излучения h ·
ν , падающего на цинко —	
$\lambda_{\text{к}} - ? \quad \vartheta_{\text{макс}} - ?$	вую пластинку, расходуется на работу

выхода электрона с поверхностного слоя цинка и сообщением ему кинетической энергии: $h \cdot \nu = A_{\text{в}} + \frac{m \cdot \vartheta_{\text{макс}}^2}{2}$ где m- масса электрона ($9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$). Из этого уравнения можно определить скорость, которую могут получить электроны при фотоэффекте:

$$\vartheta_{\text{макс}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (h \cdot c - \lambda \cdot a)}{m \cdot \lambda}}$$

$$\vartheta_{\text{макс}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \left(6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot \frac{10^8 \text{ м}}{\text{с}} - 2 \cdot 10^{-7} \text{ м} \cdot 5,984 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \right)}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 2 \cdot 10^{-7} \text{ м}}} = 9,3 \cdot 10^5 \text{ м/с}.$$

Индивидуальные задания для практической работы № 18.

1. Определить длину волны видимого излучения, масса фотона которого равна $4 \cdot 10^{-36} \text{ кг}$.
2. Определить импульс фотона красного излучения, длина волны которого 720 нм, при его полном поглощении телом и полном отражении телом.
3. Определить длину волны ультрафиолетового излучения, импульс кванта которого при полном поглощении равен $3 \cdot 10^{-27} \text{ Н} \cdot \text{с}$.
4. Определить частоту колебаний световой волны, масса фотона которой равна $3,31 \cdot 10^{-36} \text{ кг}$.
5. Наступит ли фотохимическая реакция в веществе, которое поглощает инфракрасное излучение с длиной волны 2 мкм? Энергия активации молекул $2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.
6. Определить длину волны электромагнитного излучения, энергия кванта которого равна энергии покоя электрона. Масса покоя электрона равна $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$.
7. Определить импульс кванта рентгеновского излучения, длина волны которого 5 нм, при его полном поглощении.
8. Определить красную границу фотоэффекта у хлористого натрия, работа выхода электронов которого равна 4,2 эВ.
9. Определить максимальную скорость вылета фотоэлектронов из калия, работа выхода электронов равна 2,26 эВ, при освещении его ультрафиолетовым излучением с длиной волны 200 нм.
10. Красная граница фотоэффекта у натрия на вольфраме равна 590 нм. Определить работу выхода электронов у натрия на вольфраме.
11. Работа выхода электронов у закиси меди 5, 15 эВ. Вызовет ли фотоэффект ультрафиолетовое излучение с длиной волны 300 нм?
12. Красная граница фотоэффекта у цезия равна 653 нм. Определить скорость вылета фотоэлектронов при облучении цезия оптическим излучением с длиной волны 500 нм.

13. Какую кинетическую энергию будут иметь электроны, выбиваемые из натрия квантами зеленого света, если работа выхода у натрия 2,1 эВ, а длина волны света 500 нм?
14. Работа выхода у электронов из кадмия равна 4,08 эВ. Какой должна быть длина волны излучения, падающего на кадмий, чтобы при фотоэффекте максимальная скорость фотоэлектронов была равна $2 \cdot 10^6$ м/с?

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы.

Основные источники:

1. Громов С.В. Шаронова Н.В. Физика, 10—11: Книга для учителя. – М: Владос, 2015.
2. Кабардин О.Ф., Орлов В.А. Экспериментальные задания по физике. 9—11 классы: учебное пособие для учащихся общеобразовательных учреждений. – М. Просвещение, 2014.
3. Касьянов В.А. Методические рекомендации по использованию учебников В.А.Касьянова «Физика. 10 кл.», «Физика. 11 кл.» при изучении физики на базовом и профильном уровне. – М: Просвещение, 2011.
4. Касьянов В.А. Физика. 10, 11 кл. Тематическое и поурочное планирование. – М.: Просвещение, 2002.
5. Лабковский В.Б. 220 задач по физике с решениями: книга для учащихся 10—11 кл. общеобразовательных учреждений. – М.: Просвещение, 2006.
6. Самойленко П.И., Сергеев А.В. Физика: учебник. – М. Academia, 2003.
7. Жданов Л. С., Жданов Г. Л. Физика для средних специальных учебных заведений. «Издательство Альянс», 2014.

Дополнительные источники:

1. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика. Учебник для 10 кл. – М.: Просвещение, 2005.
2. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика. Учебник для 11 кл. – М.: Просвещение, 2005.

3. Дмитриева В.Ф. Задачи по физике: учеб.пособие. – М: Просвещение, 2003.
4. Самойленко П.И., Сергеев А.В. Сборник задач и вопросы по физике: учеб. пособие. – М.Аcadema, 2003

