



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)
«РЕГИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ В Г. МИРНОМ»
«УДАЧНИНСКИЙ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЙ ФИЛИАЛ»**

**РАССМОТРЕНО И РЕКОМЕНДОВАНО
К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
на заседании МО филиала «Удачинский»
ГАПОУ РС(Я) «МРТК»
Протокол №34
от «19» _05_ 2021 г.**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
для проведения практических работ по дисциплине
ОДП.03 ФИЗИКА**

г. Удачный, 2021 г.

Данный методический материал поможет студентам в подготовке и выполнении практических работ, а также облегчить работу преподавателя по организации и проведению практических занятий.

Систематическое и аккуратное выполнение всей совокупности практических работ позволит студенту овладеть умениями самостоятельно решать задачи, ставить физические опыты, фиксировать свои наблюдения и измерения, анализировать их делать выводы в целях дальнейшего использования полученных знаний и умений.

Тематика практических работ соответствует основным разделам программы, их выполнение обеспечивает более глубокое изучение материала, направлены на закрепление и систематизацию знаний, умений и формирование компетенций. Видом практических работ является решение физических задач.

Предназначены студентам обучающимся по профессии:

21.01.10 Ремонтник горного оборудования

13.01.10 Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (в горной отрасли).

Составил преподаватель физики: Любавина Светлана Анатольевна

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
РАЗДЕЛ 1.	
1.1 Общие требования.	5
1.2 Инструментальные погрешности.	6
1.3 Основные физические постоянные	7
РАЗДЕЛ 2.	
2.1 Указания к выполнению практических работ.	9
2.2 Оценка выполнения практической работы	131
Список использованной литературы	133

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебным планом и рабочей программой по физике предусматривается проведение практических занятий. В соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта.

Целью практических занятий является обучение, воспитание и развитие компетентной личности, способной вести самостоятельный поиск информации, выбирать методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество, применять полученные знания в практической деятельности.

При планировании практических и лабораторных работ следует учитывать, что наряду с ведущей дидактической целью - подтверждением теоретических положений в ходе выполнения заданий у обучающихся формируются практические умения и навыки обращения с различными приборами, установками, лабораторным оборудованием, аппаратурой, которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Состав заданий для практического занятия планируется с расчетом, чтобы за отведенное время студенты могли бы выполнить качественно большинство из предложенных заданий. Количество часов, отводимых на практические занятия, фиксируется в тематических планах, примерных и рабочих учебных программах.

Пособие состоит из двух разделов, которые отражают общие требования и указания к выполнению практических работ. В разделе I приведены общие требования, необходимые при выполнении практических работ. В разделе II описаны практические работы, которые составлены в виде инструкций.

Каждая инструкция содержит цель работы, теоретические аспекты изучаемой темы, ход выполнения работы и контрольные вопросы, обращающие внимание студентов на существенные стороны изучаемых явлений. Вопросы помогают глубже осмыслить производимые действия и полученные результаты и на их основе самостоятельно сделать необходимые выводы.

Перечень практических работ по физике для студентов соответствует следующим разделам рабочей программы учебной дисциплины «Физика»: «Механика», «Молекулярная физика», «Электростатика», «Законы постоянного тока», «Электромагнитные колебания», «Электромагнитные волны», «Квантовая физика», «Атомная физика».

РАЗДЕЛ 1.

1.1 Общие требования.

Для более эффективного выполнения практических работ необходимо повторить соответствующий теоретический материал, а на занятиях, прежде всего, внимательно ознакомиться с содержанием работы и оборудованием.

В ходе работы необходимо строго соблюдать правила по технике безопасности; все измерения производить с максимальной тщательностью; для вычислений использовать микрокалькулятор.

После окончания работы каждый студент составляет отчет по следующей схеме:

1. дата, наименование и номер работы;
2. перечень оборудования;
3. схема или зарисовка установки;
4. запись цены деления шкалы измерительного прибора;
5. таблица результатов измерений и вычислений заполняется по ходу работы;
6. расчетная формула, обработка результатов измерений и определение относительной погрешности;
7. вывод по проделанной работе.

Небрежное оформление отчета, исправление уже написанного недопустимо.

В конце занятия преподаватель ставит зачет, который складывается из результатов наблюдения за выполнением практической части работы, проверки отчета, беседы в ходе работы или после нее. Все практические работы должны быть выполнены и защищены в сроки, определяемые программой или календарным планом преподавателя. Студенты, не получившие зачет, к экзамену не допускаются.

Практические занятия (ПЗ) - основные виды учебных занятий, направленные на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных умений.

1.2 Инструментальная погрешность.

При выполнении практических работ экспериментального характера допускаются погрешности, которые студент должен уметь оценить.

Все измерения делятся на две группы: прямые и косвенные. Прямые – это определение значения физической величины опытным путем с помощью средств измерений (приборов). Косвенные измерения – это определение значения физической величины по формуле, куда входят величины, полученные прямым измерением. Погрешности для этих типов измерений вычисляются по-разному. В случае прямых измерений максимальная абсолютная погрешность ΔA складывается из абсолютной инструментальной погрешности, определяемой конструкцией прибора $\Delta A_{и}$, и абсолютной погрешности отсчета $\Delta A_{о}$, которая принимается равной половине цены деления прибора $\Delta A = \Delta A_{и} + \Delta A_{о}$. Для лабораторных приборов значения абсолютных погрешностей средств измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1. Значения абсолютных погрешностей средств измерений приборов.

№ п/п	Средства измерения	Цена деления	$\Delta A_{и}$	$\Delta A_{о}$	ΔA
1	Линейка ученическая	1мм	1мм	0,5мм	1,5мм
2	Линейка чертежная	1мм	0,2мм	0,5мм	0,7мм
3	Штангенциркуль	0,1мм	0,05мм	0,05мм	0,1мм
4	Лента измерительная	0,5см	0,5см	0,5см	0,75см
5	Микрометр	0,01мм	0,005мм	0,005мм	0,01мм
6	Динамометр	0,1Н	0,05Н	0,05Н	0,1Н
7	Секундомер	0,05с	0,025с	0,025с	0,2с
8	электронный	1	1		
9	Термометр	0С	0С	0,50С	1,50С
10	Амперметр	0,1А	0,05А	0,05А	0,1А
11	Вольтметр	0,2В	0,15В	0,1В	0,25В

Для расчета косвенных погрешностей используются специальные формулы, полученные с помощью математического анализа для оценки относительной погрешности вычисляемой величины: $\varepsilon = \Delta A/A$.

Таблица 2. Формулы для расчета косвенных погрешностей

№ п/п	Формула физической величины	Формула относительной погрешности
1.	$V = a b c$	$\varepsilon = \Delta a / a + \Delta b / b + \Delta c / c$
2.	$S = \pi r^2$	$\varepsilon = 2 \Delta r / r$
3.	$v = s / t$	$\varepsilon = \Delta s / s + \Delta t / t$
4.	$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$	$\varepsilon = \frac{1}{2} (\Delta l / l + \Delta g / g)$
5.	$g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$	$\varepsilon = \Delta l / l + 2 \Delta t / t$
6.	$A = B + C$	$\varepsilon = (\Delta B + \Delta C) / (B + C)$

Абсолютные инструментальные погрешности могут быть рассчитаны до проведения эксперимента. Что касается относительных погрешностей, то из самого определения ε следует, что чем больше измеряемая величина, тем меньше относительная погрешность. И этот факт должен быть доминирующим при проведении практических работ.

При выполнении экспериментальных практических работах, связанных с измерением электрических величин, следует учитывать ряд факторов, влияющих на результат измерения. Это прежде всего вид электрической схемы, марка соединительных проводов, класс точности измерительных приборов, а также время измерения показания приборов.

Известно, что протекания тока в проводнике сопровождается его нагреванием, а температура влияет на сопротивление проводника. Оценим допустимое время прохождения тока в цепи, при котором изменение сопротивления резистора не превысит 10%.

1.3. Основные физические постоянные

Скорость света в вакууме	$c = 2,998 \times 10^8 \text{ м/с} \approx 3 \times 10^8 \text{ м/с}$
Ускорение свободного падения	$g = 9,8 \text{ м/с}^2 \approx 10 \text{ м/с}^2$
Гравитационная постоянная	$G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{кг}^2$
Газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$
Постоянная Больцмана	$k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Постоянная Авогадро	$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Температура тройной точки воды	$T_0 = 273,16 \text{ }^0\text{К}$
Коэффициент пропорциональности в Законе Кулона	$k = 9 \times 10^9 \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{Кл}^2$
Элементарный заряд	$\bar{e} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл}$
Электрическая постоянная	$\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ Кл}^2/\text{Н}\cdot\text{м}^2$

Магнитная постоянная	$\mu_0 = 1,2566370614... \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м}$
Постоянная Планка	$h = 6,67 \times 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$
Постоянная Фарадея	$F = 96\,485,33289(59) \text{ Кл}\cdot\text{моль}^{-1}$
Масса покоя электрона	$m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ кг}$
Масса покоя протона	$m_p = 1,673 \times 10^{-27} \text{ кг}$
Масса нейтрона	$m_n = 1,675 \times 10^{-27} \text{ кг}$
Математическая постоянная (число π)	$\pi = 3,14$

РАЗДЕЛ II.

2.1 Указания к выполнению практических работ.

Практическое занятие №1. Виды движения и их графическое описание.

Цель: выявить уровень навыков и умений работы с графиками движения тел, т.е. умения студентов определять данные по графику и находить другие физические величины, используя графические данные.

Время на подготовку и выполнение: 90 минут

Методические указания:

Теоретический материал:

1. Для определения вида движения (равномерное, равноускоренное, равнозамедленное) по графику возьмите две различные точки на графике и определите значение времени и скорости для каждой точки. Если для разного времени значения скорости одинаковое, то движение равномерное (проверить для других точек графика). Если для большего значения времени соответствует большее значение скорости, то движение равноускоренное. Если для большего значения времени соответствует меньшее значение скорости, то это движение равнозамедленное.
2. Начальную скорость движения тела определяют по начальной точке графика, опустив перпендикуляр из этой точки на ось ϑ .
3. Конечную скорость движения тела определяют по конечной точке графика, опустив перпендикуляр из этой точки на ось ϑ .
4. Для определения времени движения необходимо определить конечное t_k и начальное t_0 значение времени движения; разность этих показаний (конечного и начального времени) и есть время движения тела t .
5. По формуле ускорения и пути, соответствующего движения, вычислите ускорение движения a и пути S .
6. Для записи уравнения скорости необходимо в формулу скорости равноускоренного движения подставить значения начальной скорости и ускорения.

Алгоритм решения задач

1. Понять предложенную задачу (увидеть физическую модель).
2. Анализ (построить математическую модель явления):
 1. Выбрать систему отсчета (это предполагает выбор тела отсчета, начала системы координат, положительного направления осей, момента времени, принимаемого за начальный).
 2. Определить вид движения вдоль каждой из осей и написать кинематические уравнения движения вдоль каждой оси – уравнения для координат и для скорости (если тел несколько, уравнения пишутся для каждого тела).
 3. Определить начальные условия (координаты и проекции скоростей в начальный момент времени), а также проекции ускорения на оси и подставить эти величины в уравнения движения.
 4. Определить дополнительные условия, т.е. координаты или скорости для каких-либо моментов времени (для каких-либо точек траектории), и написать кинематические уравнения движения для выбранных моментов времени (т.е. подставить эти значения координат и скорости).
3. Полученную систему уравнений решить относительно искомой величины.
4. Решение проверить и оценить критически.

Текст практического задания №1.

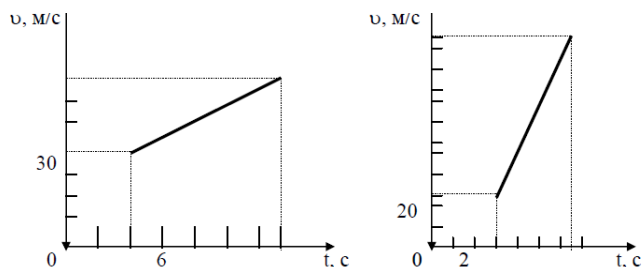
1. По графику зависимости скорости от времени определить:
 - 1) вид движения;
 - 2) начальную скорость;
 - 3) конечную скорость;
 - 4) начальное время движения;
 - 5) конечное время движения;
 - 6) время движения тела.
2. Вычислить:
 - 1) ускорение с которым движется тело;

2) пройденный путь.

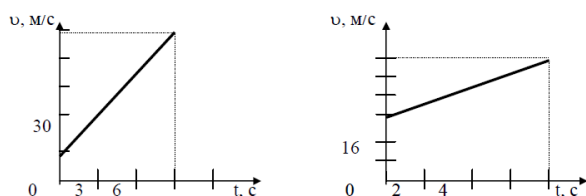
3. Записать уравнение скорости.

Графики

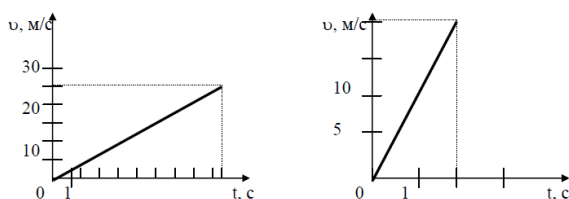
1. Графики для выполнения задания на «5».



2. Графики для выполнения задания на «4».



3. Графики для выполнения задания на «3».



- Известно уравнение координаты материальной точки от времени: $x=4+2t-4t^2$. Запишите уравнение скорости и ускорения для данной точки. Постройте графики.
- Каково ускорение поезда, если имея при подходе к станции начальную скорость 90 км/ч, он остановился за 50с?
- Определите ускорение самолета и пройденный им за 10с путь, если скорость самолета увеличилась за это время со 180 до 360 км/ч.

Практическое занятие №2.

Изучение движения тела под действием постоянной силы. (экспериментального характера).

Время на подготовку и выполнение: 90 минут

Цель работы: 1) доказать, что движение тела- равноускоренное;

- 2) вычислить ускорение движения.
- 3) Отработка навыков решения задач.

Оборудование: штатив, направляющая рейка, каретка, секундомер с двумя датчиками.

Методические указания:

Теоретическое описание.

Динамика – часть механики, изучающая связь движения тела с причинами, которые его вызвали.

Динамические характеристики – это такие характеристики движения, быстрота изменения которых (производная по времени) равна определенной характеристике внешнего воздействия. Одной из динамических характеристик движения является импульс. $p = m\upsilon$

Масса есть количественная характеристика инертности тела. Инертность есть свойство тела противиться попыткам изменить его состояние движения.

Динамическое уравнение для импульса (иногда его называют «уравнением движения тела» или «вторым законом Ньютона»): «быстрота изменения импульса определяется суммой всех сил, действующих на тело» $\Delta p = Ft$.

Второй закон Ньютона есть следствие динамического уравнения для импульса тела с постоянной массой имеет вид $ma = \sum F$

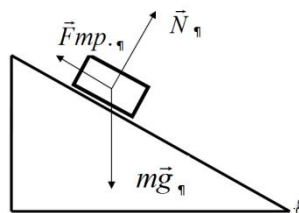
Сила трения скольжения возникает при соприкосновении двух поверхностей тел и наличии движения одной поверхности относительно другой.

Свойства силы трения скольжения:

- направлена против скорости,
- не зависит от величины скорости,
- пропорциональна величине силы N , прижимающей по нормали тело к поверхности другого $F = \mu N$.

Сила трения покоя возникает при соприкосновении поверхностей двух тел и наличии составляющей силы, приложенной к одному из тел, направленной вдоль поверхностей и стремящейся вызвать движение данного тела вдоль поверхности другого.

Схема установки:



На тело действуют 3 силы. Если геометрическая сумма сил больше нуля, тело движется с ускорением.

Согласно второму закону Ньютона $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр.п} = m\vec{a}$

Задание: ответьте письменно на все поставленные вопросы и приступите к выполнению работы.

Ход работы:

1. Установить направляющую рейку при помощи штатива под углом 30° ($h=22$ см).
 2. К секундомеру подключить датчики. Один датчик установить на расстоянии 6 см от начала рейки. Второй датчик будет устанавливаться на расстоянии 25см, 30см, 35см.
 3. Каретку устанавливаем на направляющую рейку так, чтобы магнит располагался на расстоянии менее 1 см от первого датчика.
- Отпустить каретку и определить время движения каретки между датчиками. Опыт повторить 3 раза.

Результаты измерений записать в таблицу.

Таблица 1. Таблица результатов измерений.

№ серии	S, м	t, с	t _{ср.} , с	a, м/с ²	a _{ср.} , м/с ²	$\frac{\Delta a}{a}$	Δa , м/с ²
1	0,25	t ₁ = t ₂ = t ₃ =					
2	0,30	t ₁ = t ₂ = t ₃ =					
3	0,35	t ₁ = t ₂ = t ₃ =					

Обработка результатов:

1. При движении с ускорением, (если $v_0=0$) $S = \frac{a \cdot t^2}{2}$

Должно выполняться соотношение $\frac{S_2}{S_1} = \frac{t_2^2}{t_1^2} = \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2$

Проверьте выполнение этого равенства. Сделайте вывод.

2. По результатам опытов вычислите ускорение:

$$a = \frac{2S}{t^2};$$

Результаты занесите в таблицу.

3. Вычислите максимальную относительную погрешность:

$$\varepsilon = \frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta S}{S} + 2 \frac{\Delta t}{t}$$

4. Вычислите абсолютную погрешность: $\Delta a = \varepsilon \cdot a_{cp}$.

Алгоритм решения задач на законы Ньютона.

1. Прочитайте внимательно условие задачи. Выясните, какое тело движется.

Под действием, каких сил? Каков характер движения?

2. Запишите краткое условие задачи. Одновременно выразите все величины в единицах СИ.

3. Сделайте чертеж. Изобразите оси координат, тело и все действующие на тело силы.

4. Запишите уравнение второго закона Ньютона в векторном виде.

5. Запишите основное уравнение динамики для проекций на оси координат.

6. Найдите все величины, входящие в эти уравнения. Подставьте их в уравнения.

7. Решите уравнение (или систему уравнений) относительно неизвестной величины, т.е. решите задачу в общем виде.

8. Найдите искомую величину.

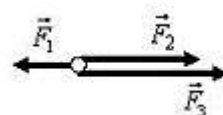
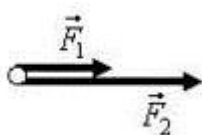
9. Определите единицу величины. Проверьте, подходит ли она по смыслу.

10. Рассчитайте число.

11. Проверьте ответ и запишите его.

Задание:

1. Используя рисунки, найдите построением равнодействующую следующих сил:



2. Трактор тянет плуг по горизонтали силой 5 кН. Сопротивление движению 3 кН. Определите равнодействующую этих сил.
3. На падающего парашютиста действуют две силы: притяжение Земли 800 Н и сопротивление воздуха 700 Н. Чему равна равнодействующая этих сил и куда она направлена?
4. Катер плывет против течения по реке. Сила тяги двигателя равна 200 кН, сопротивление воды 150 кН, а сопротивление воздуха 5 кН. Определите равнодействующую всех сил, действующих на катер. Куда она направлена?
5. Вагонетка массой 500 кг движется под действием силы 125 Н. Определите ее ускорение.
6. Определите величину силы, которую надо приложить к телу массой 200 г, чтобы оно двигалось с ускорением $1,5 \text{ м/с}^2$?
7. Определите массу мяча, который под действием силы 0,05 Н получает ускорение 10 см/с^2 .

Контрольные вопросы:

1. Что изучает динамика?
2. Что такое масса?
3. Что такое инертность?
4. Дайте определение импульса.
5. Что такое сила?
6. Сформулируйте второй закон Ньютона.
7. Что такое взаимодействие?
8. Сформулируйте третий закон Ньютона.

9. Сформулируйте условия, при которых ускорение прямо пропорционально силе.
10. Запишите формулу второго закона Ньютона при условии, что массу M можно считать постоянной.
11. Масса легкового автомобиля равна 2 т, а грузового 8 т. Сравните ускорения автомобилей, если сила тяги грузового автомобиля в 2 раза больше, чем легкового.
12. Трактор, сила тяги которого на крюке 15 кН, сообщает прицепу ускорение $0,5 \text{ м/с}^2$. Какое ускорение сообщит тому же прицепу трактор, развивающий тяговое усилие 60 кН?
13. Сила 60 Н сообщает телу ускорение $0,8 \text{ м/с}^2$. Какая сила сообщит этому телу ускорение 2 м/с^2 ?
14. Порожний грузовой автомобиль массой 4 т начал движение с ускорением $0,3 \text{ м/с}^2$. Какова масса груза, принятого автомобилем, если при той же силе тяги он трогается с места с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$?
15. Автомобиль массой $3,2 \cdot 10^3 \text{ кг}$ за 15 сот начала движения развил скорость $9,0 \text{ м/с}$. Определите силу, сообщающую ускорение автомобилю.
16. Снаряд массой 10 кг вылетает из ствола орудия со скоростью 600 м/с . Определите среднюю силу давления пороховых газов на снаряд, если длина ствола орудия 3 м, а движение снаряда равноускоренное.
17. На тело массой 20 кг начинает действовать равнодействующая сила 1 Н. Какое расстояние пройдет тело под действием этой силы за 30 с и в каком направлении?

**Практическое занятие №3.
Законы сохранения в механике.**

Время на подготовку и выполнение: 180 минут

Цель: научиться решать задачи на закон сохранения, правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретическое описание.

Импульсом тела называется величина, равная произведению массы тела на его скорость.

$$\vec{p} = m \vec{v}, [p] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

Изменение импульса тела равно импульсу силы.

$$\vec{F}t = \vec{p} - \vec{p}_0$$

Закон сохранения импульса: Геометрическая сумма импульсов тел, составляющих замкнутую систему, остается постоянной при любых движениях и взаимодействиях тел системы.

$$\vec{p}_{01} + \dots + \vec{p}_{0n} = \vec{p}_1 + \dots + \vec{p}_n = \text{const}$$

Работа постоянной силы равна произведению модулей векторов силы и перемещения на косинус угла между этими векторами.

$$A = FS \cos \alpha$$

Кинетическая энергия равна половине произведения массы тела на квадрат его скорости.

$$E_k = \frac{m v^2}{2}$$

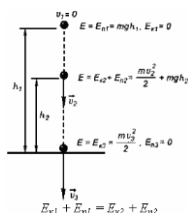
Кинетическая энергия – это физическая величина, характеризующая движущееся тело; изменение этой величины равно работе силы, приложенной к телу.

Величина mgh - это потенциальная энергия тела, поднятого на высоту h над нулевым уровнем.

Работа силы упругости равна изменению потенциальной энергии упругого деформированного тела (пружины), взятому с противоположным знаком.

Потенциальная энергия деформированного тела равна работе силы упругости.

Закон сохранения энергии: Полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих силами тяготения или силами упругости, остается неизменной при любых движениях тел системы.



Мощностью называется величина, равная отношению совершенной работы к промежутку времени, за который она совершена:

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

$$[N] = 1 \text{ Дж/с} = 1 \text{ Вт (Ватт)}$$

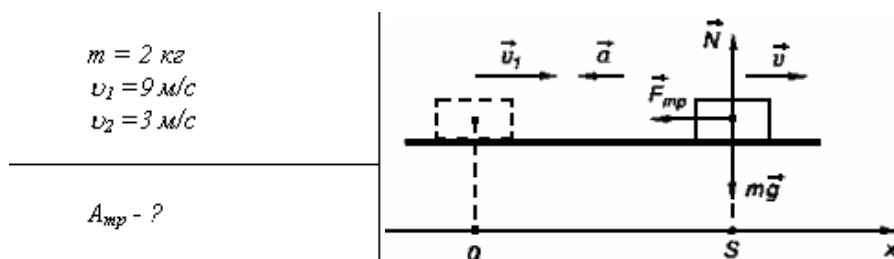
Коэффициентом полезного действия называется величина, равная отношению полезной работы ко всей совершенной работе.

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{с}}}$$

КПД показывает, насколько эффективно данная машина использует подводимую к ней энергию. Коэффициент полезного действия не может быть больше единицы. КПД можно записать в процентах:

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{с}}} \cdot 100\%$$

Пример. Тело массой 2 кг при скорости 9 м/с начинает двигаться по инерции по горизонтальной поверхности. Определите работу силы трения, совершаемую с начала этого движения до уменьшения начальной скорости втрое.



Изменение полной механической энергии тела $\Delta E_{12} = E_2 - E_1$ равно работе силы трения

$$A_{\text{тр}} : E_2 - E_1 = A_{\text{тр}}$$

Так как $E_{п1} = E_{п2}$, то

$$E_2 - E_1 = (E_{к2} + E_{п2}) - (E_{к1} + E_{п1}) = E_{к2} - E_{к1}$$

где $E_{к1}$, $E_{к2}$ - кинетические энергии тела в конце и начале

движения. Поскольку

$$E_{k2} = \frac{m v_2^2}{2}, \quad E_{k1} = \frac{m v_1^2}{2},$$

$$A_{\text{тр}} = E_2 - E_1 = E_{k2} - E_{k1} = \frac{m(v_2^2 - v_1^2)}{2}$$

Работа силы трения $A_{\text{тр}} < 0$, так как $v_2 < v_1$. Подставим значения:

$$A_{\text{тр}} = -\frac{2 \text{ кг} \cdot (81 (\text{м/с})^2 - 27 (\text{м/с})^2)}{2} = -72 \text{ Дж}$$

Ответ: работа силы трения равна - 72 Дж.

Методические указания:

Алгоритм решения задач на закон сохранения механической энергии.

1. Выбрать систему отсчета.
2. Выбрать два или более таких состояний тел системы, чтобы в число их параметров входили как известные, так и искомые величины.
3. Выбрать нулевой уровень отсчета потенциальной энергии.
4. Определить, какие силы действуют на тело системы потенциальные или не потенциальные.
5. Если на тело системы действуют только потенциальные силы, написать закон сохранения механической энергии в виде: $E_1 = E_2$.
6. Раскрыть значения энергии в каждом состоянии и, подставив их в уравнение закона сохранения энергии, решить уравнение сохранения относительно искомой величины.

Решение задач

1. К воздушному шару, масса которого равна 100 кг, привязан канат. На канате висит обезьяна, масса которой равна 20 кг. При этом шар относительно Земли покоится. С какой скоростью относительно Земли будет двигаться шар, если обезьяна полезет вверх по канату с постоянной скоростью 1 м/с относительно каната?



2. С крыши дома, высота которого h , под некоторым углом к горизонту со скоростью брошен камень. Чему равна скорость камня



непосредственно перед тем, как он упадет на Землю?

3. Оценить мощность легкового автомобиля массой 1000 кг, необходимую для его разгона, если коэффициент трения между ведущими колесами и дорожным покрытием равен 0,6 (очень высокое качество дороги и покрышек автомобиля).

4. Металлический шарик, падая с высоты $h_1 = 1$ м на стальную плиту, отскакивая на высоту $h_2 = 0,81$ м. Во сколько раз уменьшается импульс шарика при ударе?

5. Под каким углом к горизонту необходимо бросить камень, чтобы модуль изменения импульса за все время полета был равен модулю начального импульса?

6. Материальная точка массой m с постоянной угловой скоростью ω по окружности радиусом R . Определить изменение импульса за $1/4$ периода.

7. На сколько сместится неподвижная лодка массой 280 кг, если человек массой 70 кг перейдет с ее носа на корму? Расстояние от носа до кормы 5 м, сопротивление воды пренебрежимо мало.

8. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 8 м/с. На какой высоте потенциальная энергия тела будет равна кинетической энергии?

9. Два товарных вагона движутся навстречу друг другу со скоростями 0,4 м/с и 0,1 м/с. Массы вагонов соответственно равны 12т, и 48т. С какой скоростью и в каком направлении будут двигаться вагоны после столкновения? Удар считать неупругим.

Контрольные вопросы:

1. Физический смысл закона сохранения импульса
2. Записать формулу кинетической энергии тела.
3. Что является мерой изменения энергии систем тел?
4. Чему равна потенциальная энергия упругодеформированного тела?
5. Какой удар называют абсолютно неупругим? абсолютно упругим?
6. Почему потенциальная энергия не зависит от выбора системы отсчёта?
7. Чему равна полная механическая энергия системы тел?

8. При каких условиях

Алгоритм решения задач на закон сохранения импульса.

1. Выбрать систему отсчета.
2. Выделить систему взаимодействующих тел и выяснить, какие силы для нее являются внутренними, а какие - внешними.
3. Определить импульсы всех тел системы до и после взаимодействия.
4. Если в целом система незамкнутая, но сумма проекций сил на одну из осей равна нулю, то следует написать закон сохранения, лишь в проекциях на эту ось.
5. Если внешние силы пренебрежимо малы в сравнении с внутренними (как в случае удара тел), то следует написать закон сохранения суммарного импульса в векторной форме и перейти к скалярной.
6. Если на тела системы действуют внешние силы и ими нельзя пренебречь, то следует написать закон изменения импульса в векторной форме и перейти к скалярной.

Требования к решению задач. Студент должен выполнять практические работы в соответствии с изучаемыми темами. Выполняя работу, студент должен кратко записать данные условия задачи, записать формулу, необходимую при решении, записать все необходимые вычисления и выкладки из формул, записать ответ на поставленный в задаче вопрос. Каждый студент после выполнения работы должен представить отчет о проделанной работе.

Таблицы и рисунки следует выполнять с помощью чертежных инструментов (линейки, циркуля и т. д.) карандашом. Вспомогательные расчеты можно выполнить на отдельных листах, а при необходимости на листах отчета.

Оценку по практической работе студент получает в зависимости от количества правильно решенных и оформленных задач.

Угаданный правильный ответ не засчитывается как решение задачи.

Оценка за решение задачи может быть снижена:

- Если задача решена правильно в общем виде, но при вычислении результата допущены ошибки;

- Числовой ответ представлен не в тех единицах, которые требуются по условию задачи;

- Отсутствует поясняющий рисунок, если он необходим.

Подготовка к практической работе. Повторение основных определений и формул:

Теоретическое описание.

Энергия - скалярная физическая величина, характеризующая состояние тела или системы тел, общая количественная мера движения и взаимодействия всех видов материи.

Кинетическая энергия тела - энергия движения $E = \frac{mv^2}{2}$.

Потенциальная энергия- энергия взаимодействия, зависит от взаимного положения взаимодействующих тел. Потенциальная энергия тела, находящегося в поле тяготения $E = mgh$. Потенциальная энергия упруго деформированного тела $E = \frac{kx^2}{2}$.

Импульс тела – $P=mv$

Импульс силы – $F \cdot \Delta t = P$

Закон сохранения энергии. Полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих силами тяготения или упругости, остается неизменной.

Закон сохранения импульса. Геометрическая сумма импульсов взаимодействующих тел, составляющих замкнутую систему, остается постоянной. $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2'$.

Решение задач:

1. Снаряд массой 50кг летел с горизонтальной скоростью 400м/с. При разрыве одна часть его массой 40кг полетела со скоростью 550 м/с в

направлении движения снаряда. С какой скоростью и в каком направлении стала двигаться вторая часть снаряда?

2. Вагон массой 20 т, движется со скоростью 1,5 м/с и встречается со стоящей на пути платформой массой 10 т. Найти скорость совместного движения вагона и платформы после того, как сработает автосцепка.

3. На вагонетку массой 50 кг, катящуюся по горизонтальному пути со скоростью 0,2 м/с, насыпали сверху 200 кг щебня. На сколько при этом уменьшилась скорость вагонетки?

4. Два шара массами 6 кг и 4 кг соответственно, движутся со скоростями 8 м/с и 3 м/с. С какой скоростью они будут двигаться после абсолютного неупругого соударения, если они движутся навстречу друг другу?

5. На плот массой 100 кг, имеющий скорость 1 м/с, направленную вдоль берега, прыгает человек массой 50 кг со скоростью 1,5 м/с перпендикулярно берегу. Какой будет общая скорость плота и человека?

6. Охотник стреляет с легкой надувной лодки. Какую скорость приобретает лодка в момент выстрела, если масса охотника 70 кг, масса дроби 35 г и средняя скорость дроби равна 320 м/с? Ствол ружья во время выстрела образует с горизонтом угол 60°

7. С какой скоростью откатится орудие массой 300 кг при стрельбе снарядом массой 30 кг? Снаряд вылетает со скоростью 200 м/с относительно земли, а ствол орудия образует с горизонтом угол 60° . Трение не учитывать.

Идеальный газ – одноатомный, разреженный газ, взаимодействие между молекулами которого пренебрежимо мало.

Практическое занятие №4.

Решение задач на нахождение массы молекулы веществ, количества вещества и молярной массы вещества, «Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газа», «Основы МКТ», «Температура».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут

Цель: научиться решать задачи на закон сохранения, правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Требования к решению задач. Студент должен выполнять практические работы в соответствии с изучаемыми темами. Выполняя работу, студент должен кратко записать данные условия задачи, записать формулу, необходимую при решении, записать все необходимые вычисления и выкладки из формул, записать ответ на поставленный в задаче вопрос. Каждый студент после выполнения работы должен представить отчет о проделанной работе.

Таблицы и рисунки следует выполнять с помощью чертежных инструментов (линейки, циркуля и т. д.) карандашом. Вспомогательные расчеты можно выполнить на отдельных листах, а при необходимости на листах отчета.

Оценку по практической работе студент получает в зависимости от количества правильно решенных и оформленных задач.

Угаданный правильный ответ не засчитывается как решение задачи.

Оценка за решение задачи может быть снижена:

- Если задача решена правильно в общем виде, но при вычислении результата допущены ошибки;
- Числовой ответ представлен не в тех единицах, которые требуются по условию задачи;
- Отсутствует поясняющий рисунок, если он необходим.

Теоретическое описание.

Моль – количество вещества, содержащее столько молекул или атомов, сколько их содержится в 0,012 кг C^{12} (углерод с атомной массой 12 единиц)

$$\frac{N}{N_A} = \frac{m}{\mu} = \nu \text{ – число молей, количество вещества}$$

Число Авогадро – число атомов или молекул, содержащихся в моле любого вещества $N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹

Основное уравнение МКТ идеальных газов:

$$P = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2 = \frac{2}{3} nE, \quad m_0 = m/N, \quad E_k = \frac{3}{2} kT, \quad p = nkT$$

$N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹-число Авогадро, $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана

$$(\bar{v}_{\text{кв}})^2 = \sqrt{3kT/m_0} = \sqrt{3RT/M} - \text{средняя квадратическая скорость молекулы}$$

$$U_0 = \frac{3}{2} kT N_A = \frac{3}{2} RT - \text{внутренняя энергия 1 моль идеального газа}$$

$$U = \nu U_0 = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3mRT}{2M} - \text{внутренняя энергия } \nu \text{ моль вещества.}$$

Микропараметры	Макропараметры
<p><i>Моль</i> – количество вещества, содержащее столько молекул или атомов, сколько их содержится в 0,012 кг C^{12} (углерод с атомной массой 12 единиц)</p> $\frac{N}{N_A} = \frac{m}{\mu} = \nu$ – число молей, количество вещества <p>Число Авогадро – число атомов или молекул, содержащихся в моле любого вещества $N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹</p> <p><u>Основное уравнение МКТ идеальных газов:</u></p> $P = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2 = \frac{2}{3} nE$ $m_0 = m/N$ $E_k = \frac{3}{2} kT \quad p = nkT$	<p><u>Давление</u>- отношение силы, действующей перпендикулярно поверхности к площади этой поверхности.</p> $p = \frac{F}{S}; \quad p = \rho gh$ <p>(гидро(аэро)статическое давление). 760 ммрт ст=10^5 Па, <u>V-объем</u>, 1л=$1 \text{ дм}^3 = 10^{-3} \text{ м}^3$</p> <p><u>Температура</u>- физическая величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия макроскопической системы. Мера средней кинетической энергии движения молекул..</p>

Молярная масса некоторых веществ:

$H_2: 2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; $O_2: 32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; $N_2: 28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; $CO_2: 44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

$N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹-число Авогадро, $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана

1. Определить массу одной молекулы водорода.

2. Найти число молекул в 2 кг углекислого газа.
3. Определить среднюю квадратичную скорость и среднюю кинетическую энергию молекул азота при температуре 300 К.
4. Какова внутренняя энергия идеального газа, занимающего при температуре 300 К, объем 10 м^3 , если концентрация молекул $5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^{-3}$?
5. Сколько молей содержится в 2 кг водорода и в 32 г кислорода?
6. Сколько молекул содержится в 10 г углекислого газа?
7. Какова масса 20 моль ацетилена C_2N_2 ?
8. Какое количество вещества содержится в алюминиевой отливке массой 5,4 кг?
9. Определите концентрацию молекул кислорода O_2 , если его давление равно 0,2 МПа, а средняя квадратическая скорость молекул 700 м/с .
10. Каково давление азота N_2 , если средняя квадратическая скорость его молекул 500 м/с , а плотность $1,35 \text{ кг/м}^3$?
11. Какова средняя квадратическая скорость молекул газа, если имея массу 6 кг, он занимает объем $4,9 \text{ м}^3$, при давлении $2 \cdot 10^5 \text{ Па}$?
12. Определите среднюю кинетическую энергию молекулы одноатомного газа и концентрацию его молекул при температуре 290 К и давлении 0,8 МПа.

Контрольные вопросы

1. Основные положения молекулярно-кинетической теории.
2. Относительная молекулярная масса. Определение. Формула.
3. Параметры состояния газа.
4. Количество вещества.
5. Постоянная Авогадро.
6. Постоянная Лошмидта.
7. Постоянная Больцмана.

Практическая работа № 5.
Решение задач по теме: «Уравнение Менделеева—Клапейрона»,
«Изопроцессы».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут

Цель: научиться решать задачи по процессам в идеальном газе, правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретическое описание.

Уравнение состояния идеального газа (Менделеева-Клапейрона):

$$pV = \frac{m}{\mu} RT, \quad R = 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$$

$$(u_{\text{кв}})^2 = \sqrt{3kT/m_0} = \sqrt{3RT/M} - \text{средняя квадратическая скорость молекулы}$$

$$U_0 = \frac{3}{2} k T N_A = \frac{3}{2} RT - \text{внутренняя энергия 1 моль идеального газа}$$

$$U = \nu U_0 = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3mRT}{2M} - \text{внутренняя энергия } \nu \text{ моль вещества.}$$

Изопроцессы- это процессы, протекающие при одном неизменном макроскопическим параметром.

Виды изопроцессов. Газовые законы

Процесс	Постоянны параметры	Меняющиеся параметры	Название закона, формулировка	Формула	Графики в коорд. V; p,T; V,T
1. изотермический	T=const, m= const	P, V	<u>Закон Бойля-Мариотта</u> Для газа данной массы произведение давления на объем постоянно, при постоянной температуре.	PV=const	
2. изобарный	P=const, m= const	V, T	<u>Закон Гей-Люссака</u> Для газа данной массы отношение объема к температуре постоянно, при постоянном давлении.	V/T=const	
3. изохорный	V=const, m= const	P, T	<u>Закон Шарля</u> Для газа данной массы отношение давления к температуре постоянно, при постоянном объеме.	P/T=const	

Алгоритм решения задач

1. Понять предложенную задачу (увидеть физическую модель).
2. Анализ (построить математическую модель явления):
 1. Представить какой газ участвует в том или ином процессе.
 2. Определить параметры p, V и T , характеризующие каждое состояние газа.
 3. Записать уравнение объединенного газового закона Клапейрона для данных состояний.
 4. Если один из трех параметров остается неизменным, уравнение Клапейрона автоматически переходит в одно из трех уравнений: закон Бойля – Мариотта, Гей-Люссака или Шарля.
 5. Записать математически все вспомогательные условия.
3. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
4. Решение проверить и оценить критически.

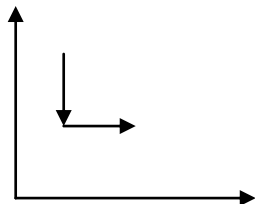
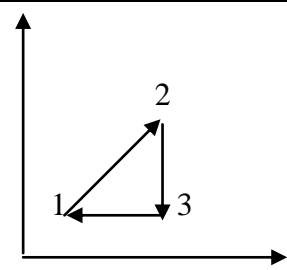
По условию задачи дано только одно состояние газа, и требуется определить какой либо параметр этого состояния или же даны два состояния с разной массой газа.

1. Понять предложенную задачу (увидеть физическую модель).
2. Анализ (построить математическую модель явления):
 1. Установить, какие газы участвуют в рассматриваемых процессах.
 2. Определить параметры p, V и T , характеризующие каждое состояние газа.
 3. Для каждого состояния каждого газа (если их несколько) составить уравнение Менделеева – Клапейрона. Если дана смесь газов, то это уравнение записывается для каждого компонента. Связь между значениями давлений отдельных газов и результирующим давлением смеси устанавливается законом Дальтона.
 4. Записать математически дополнительные условия задачи

3. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
4. Решение проверить и оценить критически.

Решение задач.

1. Какова скорость теплового движения молекул, если при давлении 250кПа газ массой 8 кг занимает объем 15 м³?
2. Средняя энергия молекулы идеального газа равна $6,4 \cdot 10^{-21}$ Дж. Давление газа 4мПа. Найти число молекул газа в единице объема.
3. Определить концентрацию молекул водорода при давлении 100 кПа, если среднее значение скорости теплового движения молекул равно 450 м/с.
4. В сосуде вместимостью 500 см³ содержится 0,89 г водорода при температуре 17⁰С. Определить давление газа.
5. Какой объем занимает газ в количестве 10³ моль при давлении 1 МПа и температуре 100⁰С?
6. Газ при давлении $8,1 \cdot 10^5$ Па и температуре 12⁰ занимает объем 855 л. Каким будет давление, если та же масса газа при температуре 320К займет объем 800 л?
7. Объем газа при давлении $7,2 \cdot 10^5$ Па и температуре 288 К равен 0,6 м³. При какой температуре та же масса газа займет объем 1,6 м³, если давление станет равным $2,25 \cdot 10^5$ Па.
8. Давление идеального газа уменьшилось от 800кПа до 160кПа при постоянной температуре. Во сколько раз увеличился объем газа? Масса газа постоянна.
9. Газ, имеющий объем 0,001 м³, изотермически расширился до объема $1,9 \cdot 10^{-3}$ м³. Под каким давлением находился газ, если после расширения оно стало $5,3 \cdot 10^4$ Па?
10. Газ занимает объем 20 л при 273⁰С. Каков будет его объем при 546⁰С и прежнем давлении?

<p>11. На рисунке изображены процессы изменения состояния некоторой массы газа. Назовите эти процессы. Изобразите графики процессов в системе координат P, T и V, T.</p>	<p>12. Представить процесс, изображенный на рисунке, на графиках в координатных осях P, V; и P, T.</p>
	

**Практическая работа № 6.
Решение задач по теме: «Изопроцессы в газах».**

Время на подготовку и выполнение: 90 минут

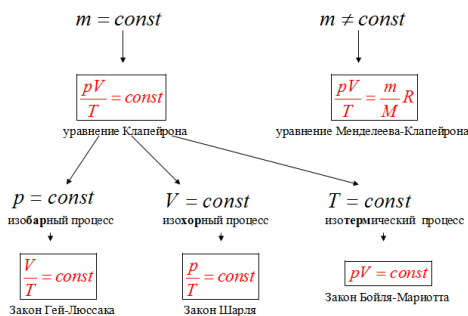
Цель: выявить уровень навыков и умений работы с графиками изопроцессов, т.е. умения студентов определять все данные по графику и находить другие физические величины, используя графические данные.

Время на подготовку и выполнение: 90 минут.

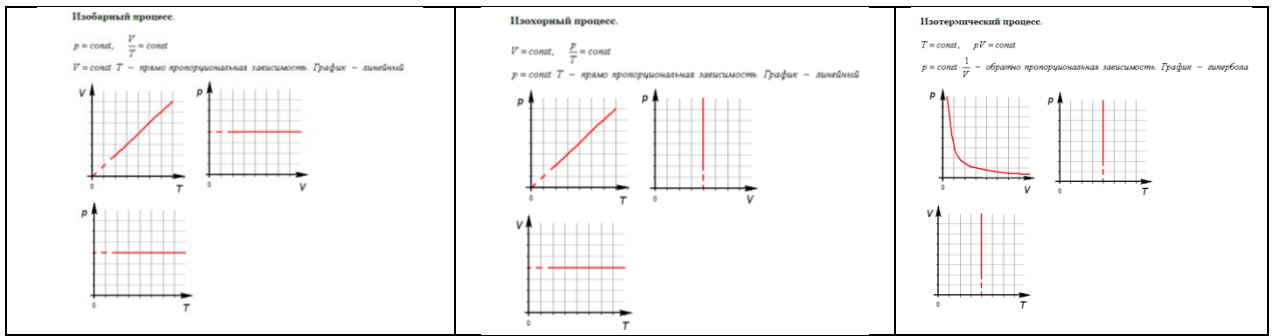
Методические указания:

Теоретические основы.

Макропараметры: давление, объем и температура описывают состояние газа. Если при неизменной массе газа один из параметров не изменяется, получим изопроцессы.



Все эти процессы можно изобразить графически в разных осях координат. Графики изопроцессов демонстрируют как один макропараметр зависит от другого. Это обычные математические функциональные зависимости. Будем рассматривать зависимости $p(T)$, $V(T)$, $p(V)$.

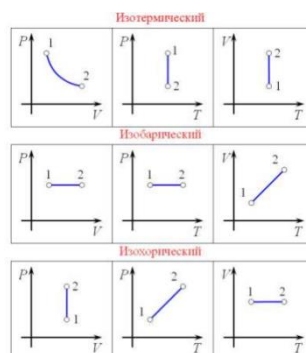


Сравнительная таблица графиков изопроцессов

	$p(V)$	$p(T)$	$V(T)$
изобарный $p = const,$ $\frac{V}{T} = const$			
изохорный $V = const,$ $\frac{p}{T} = const$			
изотермический $T = const,$ $pV = const$			

Алгоритм решения графических задач на газовые законы

1. Внимательно прочтите задачу и кратко запишите её условие.
2. Исходные данные при необходимости выразите в СИ.
3. Выясните какой из параметров остаётся неизменным, назовите изопроцесс.
4. Запишите закон, описывающий данный изопроцесс.
5. Выразите из него неизвестный параметр. Если необходимо запишите дополнительные формулы и решите систему уравнений относительно неизвестного.
6. Оцените правильность (проверка на «глупость») полученного результата.



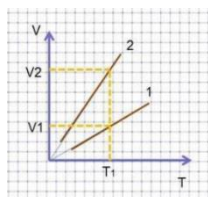
В задачах на газовые законы обычно требуется назвать процессы, изображенные на графике, и перевести их в другие координаты.

Задание:

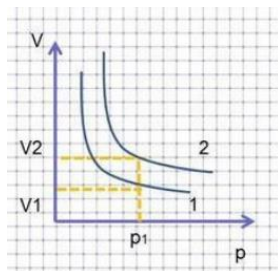
1. По данному графику определить:
 - а) протекающий изопроцесс и указать постоянный параметр;
 - б) известные начальные и конечные параметры.
 2. Определить неизвестный параметр, используя газовый закон для данного процесса.
 3. Определите молярную массу, данного газа.
 4. Используя уравнение Клапейрона - Менделеева, определите третий параметр.
2. Построить график данного процесса в двух других координатах.

Графики

На рисунке изображены две изобары для двух газов. Массы газов постоянные. Сравните давления P_1 и P_2 .

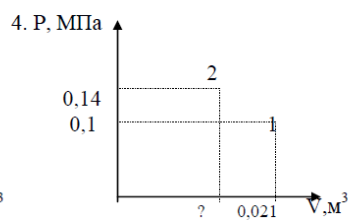
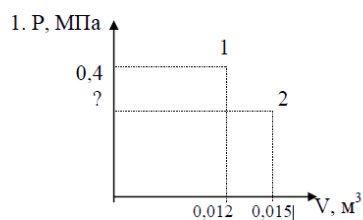


На рисунке изображены две изотермы для двух газов. Массы газов постоянные. Сравните давления T_1 и T_2 .



Масса углекислого газа 120г.

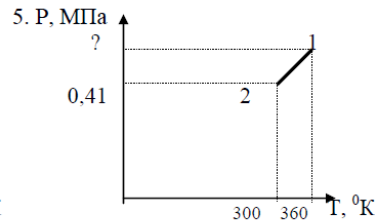
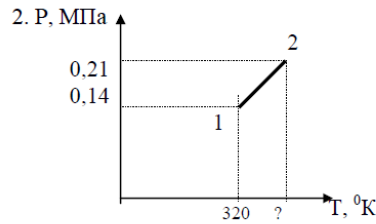
Масса аммиака 260г.



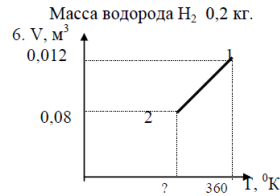
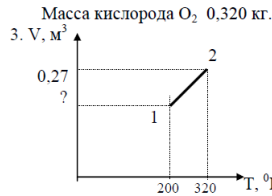
Построить графики данного процесса в координатах PT ; VT
Графики для выполнения задания на «4».

Масса хлора 140 г.

Масса азота 420 г.



Построить графики данного процесса в координатах PV; VT



Построить графики данного процесса в координатах PV; PT.

1. При каком давлении газ, занимавший объем $2,3 \cdot 10^{-4}$ м³, будет сжат до объема $2,25 \cdot 10^{-4}$ м³, если температура газа останется неизменной? Первоначальное давление газа равно $0,95 \cdot 10^5$ Па.

2. Баллоны электрических ламп заполняют азотом при давлении 50,7 кПа и температуре 17 °С. Определить давление во включенной лампе в момент, когда температура газа достигнет 360 °К

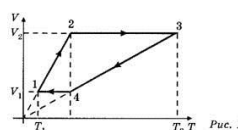
Контрольные вопросы

1. Сформулировать законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля.
2. Какой физический смысл имеют молярная газовая постоянная и постоянная Больцмана.

Практическое занятие №11. Применение первого закона термодинамики к газовым законам.

Текст практической работы №11.

1. С одним киломоном идеального одноатомного газа осуществляется цикл изображенный на рисунке в координатах V, T. Газ последовательно проходит состояние 1-2-3-4-1. Температура газа в состоянии 1-200К и в состоянии 3-800К. Найти работу совершенную газом за один цикл.



2. Как изменится температура при переходе из состояния 1 в состояние 2?

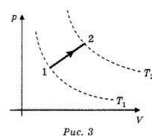


Рис. 3

3. Как изменится объем газа при переходе из состояния 1 в состояние 2?

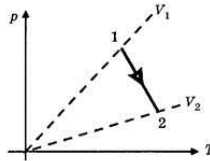


Рис. 4

Время на подготовку и выполнение: 90 минут

Практическая работа №7.

Решение задач по теме: «Термодинамика».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут

Цель: научиться решать задачи по внутренней энергии и работе газа, тепловым явлениям, Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретическое описание.

Теплота- форма беспорядочного (теплого) движения образующих тело частиц.

Количество теплоты- энергия отдаваемая или получаемая системой при теплообмене.

1. $Q = Cm\Delta T$ – при нагревании и ли охлаждении, где Q -количество теплоты; C – удельная теплоемкость вещества(Дж/К*моль), m - масса тела, ΔT –изменение температуры
2. $Q = \lambda m$ – при плавлении или кристаллизации, где λ – удельная теплота плавления (Дж/кг)
3. $Q = gm$ – при парообразовании или конденсации, где g - удельная теплота парообразования
4. $Q = qm$ – при сгорании вещества, где q – удельная теплота сгорания

Внутренняя энергия- энергия движения (кинетическая) и взаимодействия (потенциальная) молекул. $U = \frac{i}{2} \nu RT$, для одноатомного газа $i=3$, для двухатомного – 5, для трех и более – 6

Работа в газах – $A = p\Delta V$ справедливо при $p = \text{const}$

Закон Паскаля. Давление, производимое на жидкость или газ, передается без изменения в любую точку жидкости или газа.

Закон Архимеда. На тело, погруженное в жидкость или газ, действует выталкивающая сила, равная весу жидкости в вытесненном телом объеме $F = \rho Vg$.

1-й закон термодинамики. Количество теплоты, переданной системе, идет на изменение ее внутренней энергии и на совершение системой работы над внешними телами. $Q = A + \Delta U$

Изменить внутреннюю энергию термодинамической системы можно за счет подводимого тепла и за счет совершения работы над системой внешними силами. $\Delta U = Q + A'$, где A – работа самой системы, A' – работа над системой.

При изотермическом процессе: $Q = A$,

при изохорном: $Q = \Delta U$;

при изобарном: $Q = A + \Delta U$

при адиабатном (без теплообмена с окружающей средой): $\Delta U = -A = A'$

2-й закон термодинамики. (Клаузиус) Невозможно перевести теплоту от более холодной системы к более горячей при отсутствии других одновременных изменений в обеих системах или окружающих телах.

Работа в газах – $A = p\Delta V$ справедливо при $p = \text{const}$

$\eta = A/Q_1 = (Q_1 - Q_2)/Q_1 = (T_1 - T_2)/T_1$ - коэффициент полезного действия (КПД) идеальной машины.

Алгоритм решения задач

Теплота (первое начало термодинамики $Q = U + A$).

Задачи об изменении внутренней энергии тел можно разделить на три группы.

В задачах первой группы рассматривают такие явления, где в изолированной системе при взаимодействии тел изменяется лишь их внутренняя энергия без совершения работы над внешней средой.

Понять предложенную задачу (увидеть физическую модель).

Анализ (построить математическую модель явления):

Определить изолированную систему.

Установить у каких тел внутренняя энергия уменьшается, а у каких – возрастает.

Составить уравнение теплового баланса ($U = 0$), при записи которого в выражении $cm(t_2 - t_1)$, для изменения внутренней энергии, нужно вычитать из конечной температуры тела начальную и суммировать члены с учетом получающегося знака.

Полученное уравнение решить относительно искомой величины.

Решение проверить и оценить критически.

В задачах второй группы рассматриваются явления, связанные с превращением одного вида энергии в другой при взаимодействии двух тел. Результат такого взаимодействия – изменение внутренней энергии одного тела в следствие совершенной им или над ним работы.

Понять предложенную задачу (увидеть физическую модель).

Анализ (построить математическую модель явления):

Следует убедиться, что в процессе взаимодействия тел теплота извне к ним не подводится, т.е. действительно ли $Q = 0$.

Установить у какого из двух взаимодействующих тел изменяется внутренняя энергия и что является причиной этого изменения – работа, совершенная самим телом, или работа, совершенная над телом.

Записать уравнение $0 = U + A$ для тела, у которого изменяется внутренняя энергия, учитывая знак перед A и к.п.д. рассматриваемого процесса.

Если работа совершается за счет уменьшения внутренней энергии одного из тел, то $A=U$, а если внутренняя энергия тела увеличивается за счет работы, совершенной над телом, то $A = U$.

Найти выражения для U и A .

Подставляя в исходное уравнение вместо U и A их выражения, получим окончательное соотношение для определения искомой величины.

Полученное уравнение решить относительно искомой величины.

Решение проверить и оценить критически.

Задачи третьей группы объединяют в себе две предыдущие.

Тепловое расширение твердых и жидких тел.

Понять предложенную задачу (увидеть физическую модель).

Анализ (построить математическую модель явления):

Для каждого теплового состояния каждого тела записать соответствующую формулу теплового расширения.

Если в задаче наряду с расширением тел рассматриваются другие процессы, сопутствующие расширению, – теплообмен, изменение гидростатического давления жидкости или выталкивающей силы, то к уравнениям теплового расширения надо добавить формулы калориметрии и гидростатики.

Синтез (получить результат).

Решить полученную систему уравнений относительно искомой величины.

Решение проверить и оценить критически.

Ответьте на вопросы:

1. Правильны ли следующие утверждения:

- а) уравнение теплового баланса выражает закон сохранения энергии для тепловых процессов;
- б) уравнение теплового баланса выражает закон сохранения количества теплоты?

2. Как нужно правильно поступить, чтобы быстрее остудить горячий чай: сразу бросить в него сахар и затем подождать 5 мин или, выждав 5 мин,

положить сахар и растворить его. Растворение сахара сопровождается поглощением теплоты. Какова физическая сущность этого явления?

3. В каком случае кастрюля с водой быстрее остынет: если поставить ее на лед или если положить на крышку кастрюли лед?

Решение задач.

1. Какое количество теплоты выделилось при охлаждении чугунной болванки массой 32 кг, если ее температура изменилась от 1115°C до 15°C ?

2. Сколько воды можно нагреть от 15°C до кипятка, если сообщить 178,5 кДж энергии?

3. Масса серебра 10 гр. Сколько энергии выделяется при его кристаллизации и охлаждении до 60°C , если серебро взято при температуре плавления?

4. Какое количество теплоты необходимо сообщить воде, массой 10г, взятой при температуре 0°C , для того, чтобы нагреть ее до температуры кипения и испарить?

5. Какое количество теплоты необходимо, чтобы лед, массой 2кг, взятого при -10°C , получить пар при 100°C ?

6. В закрытом сосуде сообщили 800кДж теплоты. Как изменилась внутренняя энергия газа?

7. При нагревании газа его объем увеличился от 0,06 до 0,1 м³. Какую работу совершил газ при расширении, если давление не изменилось ($p = 4 \cdot 10^5$ Па)?

8. При резком сжатии газа его температура повысилась, а внутренняя энергия изменилась на $2 \cdot 10^4$ Дж. Какую работу совершает газ, если его теплообмен со стенками сосуда отсутствует?

9. При охлаждении газа его объем увеличился на 0,02 м³. Какую работу совершил газ при расширении, если его давление оставалось 10 МПа?

10. Внутренняя энергия газа, заключенного в баллоне при температуре 0°C , равна 7400 Дж. После нагревания газа до комнатной температуры его энергия стала равной 13400 Дж. Насколько увеличилась внутренняя энергия газа? Как называют это изменение энергии?

11. Температура в нагревателе паровой турбины 565°C , в холодильнике 30°C . Определите максимальное значение КПД паровой турбины.
12. В идеальной тепловой машине за счет энергии 1 кДж , получаемой от нагревателя, совершается работа 300 Дж . Определите КПД и температуру нагревателя, если температура холодильника 280 К .
13. В идеальной тепловой машине за счет энергии 1 кДж , получаемой от нагревателя, совершается работа 400 Дж . Определите КПД машины и температуру нагревателя, если температура холодильника 300 К .
14. Температура нагревателя идеальной тепловой машины 117°C , а холодильника 27°C . Количество теплоты, полученное машиной от нагревателя за 1 с , равно 60 кДж . Вычислите КПД и мощность машины.
15. Автомобиль «Волга» расходует 13 л бензина на 100 км пути. Определите развиваемую автомобилем мощность если его скорость 90 км/ч , а КПД двигателя $0,24$.
16. Определите КПД двигателя, если при расходе бензина 2 л/ч двигатель развивает мощность 5 кВт .
17. В процессе работы тепловой машины за некоторое время рабочим телом было получено от нагревателя количество теплоты $Q_1 = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Дж}$, если передано холодильнику $Q_2 = -1,2 \cdot 10^6 \text{ Дж}$. Вычислите КПД машины и сравните его с максимально возможным КПД, если температуры нагревателя и холодильника соответственно равны 250°C и 30°C .

Практическая работа №8

Тема: «Свойства паров»

Время на подготовку и выполнение: 90 минут

Цель: освоить прием определения влажности воздуха: относительной влажности воздуха, основанный на использовании психрометра..

Оборудование: 1. Психрометр.

Теоретическое описание.

В атмосферном воздухе всегда присутствуют пары воды, которая испаряется с поверхности морей, рек, океанов и т.п.

*Воздух, содержащий водяной пар, называют **влажным**.*

Влажность воздуха оказывает огромное влияние на многие процессы на Земле :на развитие флоры и фауны, на урожай сельхоз. культур, на продуктивность животноводства и т.д. Влажность воздуха имеет большое значение для здоровья людей, т.к. от неё зависит теплообмен организма человека с окружающей средой. При низкой влажности происходит быстрое испарение с поверхности и высыхание слизистой оболочки носа, гортани, что приводит к ухудшению состояния.

Значит, влажность воздуха надо уметь измерять. Для количественной оценки влажности воздуха используют понятия абсолютной и относительной влажности.

Абсолютная влажность – величина, показывающая, какая масса паров воды находится в 1 м³ воздуха (т.е. это плотность водяного пара). Она равна парциальному давлению пара при данной температуре.

Парциальное давление пара – это давление, которое оказывал бы водяной пар, находящийся в воздухе , если бы все остальные газы отсутствовали.

Относительная влажность воздуха – это величина, показывающая, как далек пар от насыщения. Это отношение парциального давления p водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению насыщенного пара p_0 при той же температуре, выраженное в процентах:

$$\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100 \%$$

Если воздух не содержит паров воды, то его абсолютная и относительная влажность равны 0. Предельное значение относительной влажности – 100%.

Нормальной для человеческого организма считается влажность 60%.

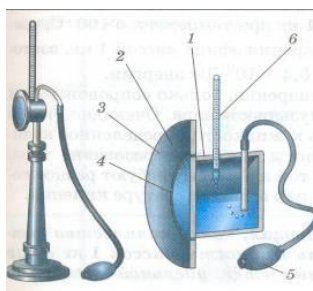
Для измерения влажности воздуха используют приборы **гигрометры** и **психрометры**.

1. Конденсационный гигрометр. Состоит из укрепленной на подставке металлической круглой коробочки с отполированной плоской поверхностью. В коробочке сверху имеются два отверстия. Через одно из них в коробочку наливают эфир и вставляют термометр, а другое соединяют с резиновой грушей. Действие конденсационного гигрометра основано на определении точки росы.



Точка росы – это температура, при которой водяной пар, содержащийся в воздухе, становится насыщенным.

Продувают воздух через эфир (с помощью резиновой груши), при этом эфир быстро испаряется и охлаждает коробочку. Слой водяного пара, находящийся вблизи поверхности коробочки, благодаря теплообмену тоже станет охлаждаться. При определенной температуре этот водяной пар начнет конденсироваться и на отполированной поверхности коробочки появляются капельки воды (роса). По термометру определяют эту температуру, это и будет точка росы. В таблице «Давление насыщенных паров и их плотность при различных температурах» по точке росы находят абсолютную влажность – соответствующую этой температуре плотность паров или их давление.



Давление насыщенных паров и их плотность при различных температурах

$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{Па}$	$\rho * 10^{-3}, \text{кг/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{Па}$	$\rho * 10^{-3}, \text{кг/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{Па}$	$\rho * 10^{-3}, \text{кг/м}^3$
- 5	401	3,24	6	933	7,30	17	1933	14,5
- 4	437	3,51	7	1000	7,80	18	2066	15,4
- 3	476	3,81	8	1066	8,30	19	2199	16,3
- 2	517	4,13	9	1146	8,80	20	2333	17,3
- 1	563	4,47	10	1226	9,40	21	2493	18,8
0	613	4,80	11	1306	10,0	22	2639	19,4
1	653	5,20	12	1399	10,7	23	2813	20,6
2	706	5,60	13	1492	11,4	24	2986	21,8
3	760	6,00	14	1599	12,1	25	3173	23,0
4	813	6,40	15	1706	12,8	26	3359	24,4

5	880	6,80	16	1813	13,6	27	3559	25,8
---	-----	------	----	------	------	----	------	------

Чтобы найти относительную влажность, надо давление насыщенного пара при температуре точки росы разделить на давление насыщенного пара при температуре окружающего воздуха и умножить на 100%.

2. Волосной гигрометр. Его работа основана на том, что обезжиренный человеческий волос при увеличении влажности воздуха удлиняется, а при уменьшении влажности укорачивается. Волос оборачивают вокруг легкого блока, прикрепив один конец к раме, а к другому подвешивают груз. При изменении длины волоса указатель (стрелка), прикрепленный к блоку, будет двигаться, перемещаясь по шкале. Шкалу градуируют по эталонному прибору.



3. Психрометр. (от греч «психриа» - холод). Состоит из двух одинаковых термометров. Резервуар одного из них обернут марлей, опущенной в сосуд с водой. Вода смачивает марлю на резервуаре термометра и при её испарении он охлаждается. По разности температур сухого и влажного термометров по психрометрической таблице определяют влажность воздуха.

	6	100	86	73	60	47	35	23	10	-	-
	7	100	87	74	61	49	37	26	14	-	-
	8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	-
	9	100	88	76	64	53	42	31	21	11	-
	10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5
	11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8
	12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11
	13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14
	14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17
	15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20
	16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22
	17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24
	18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27
	19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29
	20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30
	21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32
	22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34
	23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36
	24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37
	25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38
	26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40
	27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41
	28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42
	29	100	93	86	79	72	66	60	54	49	43
	30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44

Задание: ответьте письменно на все поставленные вопросы и приступите к выполнению работы.

Ход работы.

Задание 1. Измерить влажность воздуха с помощью психрометра.

1. Подготовить таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

№ опыта	$t_{\text{сухого}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{влажного}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$
1				

2. Рассмотреть устройство психрометра.

3. По показаниям сухого термометра измерить температуру воздуха $t_{\text{сухого}}$ в помещении.

4. Записать показания термометра, резервуар которого обмотан марлей $t_{\text{влажного}}$

5. Вычислить разность показаний термометров $\Delta t = t_{\text{сухого}} - t_{\text{влажного}}$

6. По психрометрической таблице определить влажность воздуха φ

7. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.

8. Сделайте вывод о том, нормальная ли влажность воздуха в помещении.

9. Ответьте на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Почему при продувании воздуха через эфир, на полированной поверхности стенки камеры гигрометра появляется роса? В какой момент появляется роса?

2. Почему показания «влажного» термометра меньше показаний «сухого» термометра?

3. Могут ли в ходе опытов температуры «сухого» и «влажного» термометров оказаться одинаковыми?

4. При каком условии разности показаний термометров наибольшая?

5. Может ли температура «влажного» термометра оказаться выше температуры «сухого» термометра?

6. Сухой и влажный термометр психрометра показывают одну и ту же температуру. Какова относительная влажность воздуха?

7. Каким может быть предельное значение относительной влажности воздуха?

8. Может ли вода находиться в жидком состоянии при температуре 300°C ?

Решение задач

1. Определите абсолютную влажность воздуха, если парциальное давление пара в нем 14 кПа, а температура 60°C .
2. Определите абсолютную влажность воздуха, если его температура 15°C , а относительная влажность 80%.
3. По гигрометру обнаружено появление росы при температуре 10°C . Какова относительная влажность воздуха, если его температура 15°C ?
4. Показания сухого термометра 15°C , влажного - 12°C , Определите относительную влажность воздуха.
5. Относительная влажность воздуха в комнате 43%, температура 19°C . Что должен показывать влажный термометр психрометра?

Практическое занятие №8. «Свойства жидкостей»

Цель: научиться решать задачи по теме «Свойства жидкостей», Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Время на подготовку и выполнение: 90 минут.

Методические указания:

Теоретическое описание.

Молекулы поверхностного слоя жидкости обладают избытком потенциальной энергии по сравнению с энергией молекул, находящихся внутри жидкости. Как и любая механическая система, поверхностный слой жидкости самопроизвольно переходит в такое состояние, при котором потенциальная энергия его минимальна, при этом площадь свободной поверхности жидкости сокращается.

Сила, обусловленная взаимодействием молекул жидкости, вызывающая сокращение ее свободной поверхности и направленная по касательной к этой поверхности, называется силой поверхностного натяжения $F_{\text{нт}}$.

Величина, равная силе поверхностного натяжения, действующей на единицу длины границы свободной поверхности жидкости, называется коэффициентом поверхностного натяжения σ или просто поверхностным натяжением. Поверхностное натяжение находится по формуле:

$$\sigma = \frac{F_{nn}}{L}$$

L-длина границы свободной поверхности жидкости.

Коэффициент поверхностного натяжения можно определить различными методами: методом отрыва капель, отрыва рамки, методом подъема воды в капилляре.

Капиллярные явления — изменение уровня жидкости в очень тонких трубках — капиллярах. Если диаметр капилляра мал, то мениски, образующиеся у его стен, сливаются друг с другом, образуя поверхность, близкую к сферической. Силы поверхностного натяжения действуют по касательной к поверхности жидкости вдоль всей границы ее поверхности. В данном случае граница — это окружность, диаметр которой равен диаметру капилляра. К капиллярным относят явления в жидких средах, вызванные искривлением их поверхности, граничащей с другой жидкостью, газом или собственным паром.

Капиллярность — это явление подъема или опускания жидкости в капиллярах. В достаточно широких сосудах короткоживущие силы притяжения между молекулами твердого тела и жидкости удерживают в виде мениска лишь незначительную часть жидкости в сосуде. основная поверхность — горизонтальная. В узких сосудах (капиллярах) масса жидкости невелика, поэтому различие между силой притяжения между молекулами жидкости и твердого тела и силой притяжения между молекулами жидкости приводит к капиллярности.

Когда капилляр опущен в жидкость, то в случае смачивающей жидкости силы притяжения между молекулами жидкости и твердого тела $F_{ж-т}$, то есть стенками капилляра, превосходят силы взаимодействия между молекулами жидкости $F_{ж}$.

Жидкость втягивается внутрь капилляра. Подъем жидкости в капилляре происходит до тех пор, пока результирующая сила $F_{в}$ действующая на

жидкость вверх, не уравнивается силой тяжести mg столба жидкости высотой h :

$$F_v = mg.$$

Жидкость, не смачивающая стенки капилляра, опускается в нем на расстояние h .

Высота столба смачивающей жидкости в капилляре:

$$h = 2\sigma / \rho g R$$

ρ - плотность жидкости.

Чем меньше радиус капилляра, тем больше высота подъема жидкости в капилляре. Так, лежащий на мокрой губке сухой кусок мела быстро намокает, в то время как сухая губка, лежащая на мокром куске мела, остается сухой. Это объясняется тем, что капилляры у мела тоньше, чем у губки.

Многочисленные капилляры, пронизывающие растительные и животные ткани, почву, играют важную роль в водоснабжении и обмене веществ растений и животных.

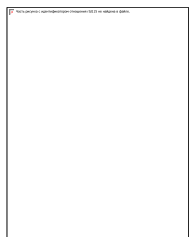
Сферическая форма капли жидкости при соприкосновении с поверхностью твердого тела не сохраняется. Изменение формы капли зависит от материала, из которого сделано твердое тело. На стекле капля растекается, а на поверхности парафина приобретает форму сплюснутого шара.

Зависимость формы капли от материала подложки объясняется различием сил взаимодействия между молекулами жидкости и сил взаимодействия молекул жидкости с молекулами твердого тела на границе раздела двух сред.

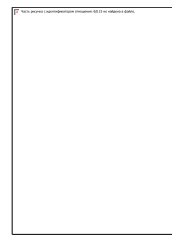
Смачивающей называют жидкость, которая растекается тонкой пленкой по твердому телу. Несмачивающей называют жидкость, которая не растекается по твердому телу, а стягивается в каплю.

Мера смачиваемости — это угол θ между смачиваемой поверхностью и касательной к поверхности жидкости. Его называют углом смачивания, или

краевым углом. Для смачивающей жидкости угол смачивания острый, для несмачивающей жидкости угол смачивания тупой.



Жидкость смачивает форму



Жидкость не смачивает форму

Ответить на контрольные вопросы

1. Почему поверхностное натяжение зависит от рода жидкости?
2. Почему и как поверхностное натяжение зависит от температуры?
3. В двух одинаковых пробирках находится одинаковое количество капель воды. В одной пробирке вода чистая, в другой-с добавкой мыла. Одинаковы ли объемы отмеренных капель? Ответ обоснуйте.

Алгоритм решения задач

Внимательно прочитайте условие задачи.

Установите о каком (их) физических явлениях идёт речь в задаче.

Вспомните основные количественные и качественные закономерности, объясняющие это явление.

Определите, что требуется найти в задаче.

Установите, какие физические величины даны в задаче.

Не забудьте о табличных величинах.

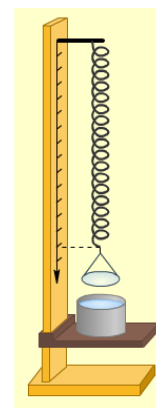
Решение качественных задач

1. Большинство людей любят горячий суп больше, чем холодный. Дайте возможное объяснение, почему это так.
2. Какая зубная паста лучше — с большим или малым поверхностным натяжением (при прочих равных условиях)? Почему?
3. Мыльная пленка, затягивающая отверстие воронки, поднимается вверх, если держать воронку отверстием вниз. Почему?
4. Если мыло уменьшает поверхностное натяжение воды, то почему мы выдуваем мыльные пузыри, а не водяные?

5. Вода легче песка. Почему же ветер может поднять тучи песка, но очень мало водяных брызг?
6. Почему волейбольная сетка сильно натягивается после дождя?
7. У двух концов изогнутой стеклянной трубки выдуты два мыльных пузыря разного диаметра. Будут ли меняться и как размеры пузырей, если кран закрыт?

Решение задач

1. На какую высоту может подняться вода в капиллярной трубке диаметром 2 мкм?
2. Для определения коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом отрыва капли получили следующие данные: 318 капель жидкости имеют массу 5 г, диаметр шейки капли в момент отрыва равен $7 \cdot 10^{-4}$ м. Найдите по этим данным коэффициент поверхностного натяжения жидкости.
3. Найдите массу воды, поднявшейся по капиллярной трубке диаметром 0,5 мм.
4. Для измерения коэффициента поверхностного натяжения жидкости используется тонкое проволочное кольцо диаметром D , подвешенное к пружине. Отмечают растяжение пружины на расположенной рядом с ней шкале. Пружина при этом растягивается. Кольцо опускают в сосуд с водой. После этого сосуд медленно опускают. Вторую отметку на шкале делают в момент отрыва кольца от поверхности воды. Кольцо изготовлено из проволоки, диаметр которой равен d . Когда кольцо подвесили к пружине, пружина увеличила свою длину на величину x_0 . Необходимо вывести уравнение для расчета коэффициента поверхностного натяжения жидкости.



Практическое занятие №9.

по теме «Кристаллические и аморфные тела», «Механические свойства твердых тел».

Цель: научиться решать задачи по теме «Кристаллические и аморфные тела», «Механические свойства твердых тел». Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Время на подготовку и выполнение: 90 минут.

Методические указания:

Теоретические сведения.

Мы живем на поверхности твердого тела - земного шара, в сооружениях, построенных из твердых тел, - домах. Наше тело, хотя и содержит приблизительно 65% воды (мозг - 80%), тоже твердое. Орудия труда, машины также сделаны из твердых тел. Знать свойства твердых тел жизненно необходимо!

Твердые тела делятся на два основных вида: кристаллические и аморфные. Твердые тела сохраняют не только объем, но и форму.

Кристаллические тела - это твердые тела, атомы и молекулы которых занимают определенные, упорядоченные положения в пространстве. Примером кристаллических тел могут служить - алмазы, металлы, графит, лед и т.д.

Основные свойства кристаллических тел:

1. Имеют кристаллическую решётку.
2. Анизотропия (только для монокристаллов).
3. Имеют определенную температуру плавления.

Зависимость физических свойств (прочность, теплопроводность, светопроводность, тепловое расширение и т.д.) от направления внутри кристалла называют анизотропией.

Аморфные тела - это твердые тела, которые по своим физическим свойствам занимают промежуточное положение между жидкостями и кристаллическими телами. При высоких температурах они ведут себя как жидкости, при низких - как твердые тела. Примером аморфных тел могут служить - канифоль, смола, стекло, пластмассы и т.д.

Свойства аморфных тел:

1. Атомы и молекулы не имеют строго расположения в пространстве.
2. Изотропны. (все свойства во всех направлениях одинаковы)
3. Не имеют определенной температуры плавления.

Все твердые тела подвергаются деформациям. Деформацией называются изменение формы или объема тела. Различают упругую и пластическую деформации.

Деформации, которые полностью исчезают после прекращения действия внешних сил, называются упругими.

Деформации, которые не исчезают после прекращения действия внешних сил, называются пластическими.

Виды упругой деформации:

1. Растяжение (сжатие)
характеризуются:
абсолютным удлинением
относительным удлинением
2. Сдвиг. Характеризуется углом сдвига.
3. Изгиб.
4. Кручение.

Первый и второй виды упругой деформации называются основными, так как изгиб и кручение представимы в комбинациях основных видов. Например, деформация изгиба представляет собой в верхних слоях тела растяжение, в нижних - сжатие. Кручение есть результат деформаций растяжения, сжатия и сдвига.

При деформациях в твердых телах возникает механическое напряжение. Механическим напряжением называют отношение модуля силы упругости, возникающей в теле при действии внешней силы, к площади поперечного сечения тела:

ЗАКОН ГУКА.

При малых деформациях механическое напряжение прямо пропорционально относительному удлинению. Коэффициент

пропорциональности, входящий в закон Гука называется модулем упругости или модулем Юнга.

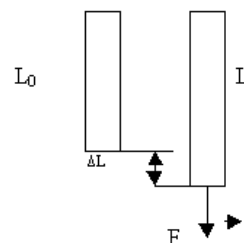
L_0 – первоначальная длина стержня;

L – длина стержня под действием нагрузки;

S – площадь поперечного сечения стержня;

F - деформирующая сила;

F / S напряжение, возникающее в стержне.



Напряжение – это сила, приходящаяся на единицу площади поперечного сечения.

$L - L_0 = \Delta L$ – абсолютное удлинение стержня к первоначальной длине.

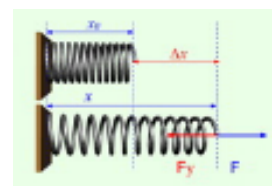
$\Delta L / L_0$ - относительное удлинение – удлинение каждого метра первоначальной длины.

Например, $L_0 = 3\text{м}$; $\Delta L = 6\text{см} = 0,06\text{м}$; $\Delta L / L_0 = 0,06/3=0,02$

$$\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{1}{E} \frac{F}{S} \text{ - закон Гука}$$

Модуль Юнга – это напряжение, при котором первоначальная длина увеличивается в 2 раза.

$$\sigma = \frac{F}{S} \text{ - напряжение; Па}$$



$$F_y = -k\Delta x$$

F_y – сила упругости, возникающая при сжатии или растяжении тела, Н

k - жесткость тела, Н/м

Δx - абсолютное удлинение тела, м

$$\Delta x = x - x_0$$

Алгоритм решения задач

Внимательно прочитайте условие задачи.

Осмыслите условие задачи.

Запишите кратко данные (запись условия производится столбцом с принятыми буквенными обозначениями).

Определите, что требуется найти в задаче.

Недостающие данные взять из таблиц.

Перевести данные задачи в систему стандартных величин СИ.

Найти формулу в которой есть наибольшее количество данных, включая неизвестное.

Решить задачу в общем виде.

Произвести математические вычисления.

Проанализируйте и запишите ответ.

Решение задач

1. На сколько удлинится медная проволока длиной 3 м и диаметром 0,12 мм под действием гири весом 1,5 Н? Деформацию считайте упругой.

2. Рассчитайте силу, необходимую для разрыва медной проволоки из школьного набора проводов диаметром 0,3 мм.

3. Какой максимальной высоты может быть кирпичное здание, если допускаемое напряжение кирпичной кладки?

4. Проволока длиной 5,4 м под действием нагрузки удлинилась на 2,7 мм. Определить относительное удлинение проволоки.

5. Какова должна быть площадь поперечного сечения стального стержня, чтобы при нагрузке 25 кН растягивающее напряжение равнялось $6 \cdot 10^7$ Па.

6. На сколько удлинилась медная проволока длиной 3 м и диаметром 0,12 мм под действием гири весом 1,5 Н? Деформацию считать упругой.

7. При какой предельной нагрузке разорвется трос диаметром 1 см, если предел прочности стали 1 ГПа?

Практическая работа №10. Решение задач по теме «Закон Кулона».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут.

Цель: научиться решать задачи на закон Кулона, правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретические сведения.

Электрический заряд- источник электромагнитного взаимодействия, связанный с материальным носителем, определяет интенсивность электромагнитного взаимодействия.

Электрическое поле- особый вид материи, действующий на электрические заряды

1 Основные физические законы

Закон сохранения электрического заряда. Алгебраическая сумма зарядов всех частиц в замкнутой системе остается постоянной.

Закон Кулона. Сила взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов пропорциональна произведению модулей зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$



Алгоритм решения задач

Решение задачи о точечных зарядах и системах, сводящихся к ним, основано на применении законов механики с учетом закона Кулона и вытекающих из него следствий.

Понять предложенную задачу (увидеть физическую модель).

Анализ (построить математическую модель явления):

Расставить силы, действующие на точечный заряд, помещенный в электрическое поле, и записать для него уравнение равновесия или основное уравнение динамики материальной точки.

Выразить силы электрического взаимодействия через заряды и поля и подставить эти выражения в исходное уравнение.

Если при взаимодействии заряженных тел между ними происходит перераспределение зарядов, к составленному уравнению добавляют уравнение закона сохранения зарядов.

Записать математически все вспомогательные условия

Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.

Решение проверить и оценить критически.

Решение задач.

1. С какой силой взаимодействуют два заряда по 1 Кл каждый на расстоянии 1 км друг от друга в вакууме?
2. Два положительных заряда q и $2q$ находятся на расстоянии 10 мм. Заряды взаимодействуют с силой $7,2 \cdot 10^{-4}$ Н. Определить величину каждого из зарядов.
3. С какой силой взаимодействуют два заряда по 10 нКл, находящиеся на расстоянии 3 см друг от друга.
4. На каком расстоянии друг от друга заряды 1 мкКл и 10 нКл взаимодействуют с силой 9 мН.
5. Два положительных заряда q и $2q$ находятся на расстоянии 10 мм. Заряды взаимодействуют с силой $7,2 \cdot 10^{-4}$ Н. Как велик каждый заряд?
6. С какой силой взаимодействуют два точечных заряда 10 нКл и 15 нКл, находящиеся на расстоянии 5 см друг от друга?
7. Найдите силу взаимодействия двух точечных электрических зарядов 1 нКл и 4 нКл в пустоте и керосине, если расстояние между ними 2 см.
8. Заряд электрона $e = 1,6 \times 10^{-19}$ Кл, а его масса $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$ кг. Во сколько раз сила кулоновского отталкивания двух электронов больше силы их гравитационного притяжения?
9. С какой силой взаимодействуют между собой два заряда, состоящие из 1 г электронного вещества, находящиеся на расстоянии 100 млн. км друг от друга?

10. Два шарика с массами $m = 0,1$ г каждый висят на двух нитях длиной $l = 20$ см каждая в одной точке. После того как шарики зарядили одинаковым зарядом, они разошлись так, что угол между нитями стал равен $\alpha = 60^\circ$. Определить заряд шариков

Практическая работа №10.

Решение задач по теме «Напряженность электрического поля».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут.

Цель: научиться решать задачи по теме «Напряженность электрического поля». Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретические сведения.

Напряженность электрического поля- силовая характеристика электрического поля. Отношение силы, действующей на пробный электрический заряд, к величине этого заряда. Сила, действующая со стороны электрического поля на единичный положительный заряд.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{np}}; E = k \frac{q}{r^2}. \text{ [Н/Кл; В/м]} (\text{напряженность точечного заряда})$$

Линии напряженности линии, касательные к которым в каждой точке совпадают с направлением вектора E .

Линии напряженности электростатического поля начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных зарядах, либо уходят в бесконечность.

Потенциал- энергетическая характеристика электрического поля. Определяет энергию взаимодействия электрического поля с единичным положительным зарядом, равен отношению энергии электрического поля к бесконечно

удаленному заряду $\varphi = \frac{W_\infty}{q_{np}}; \varphi = k \frac{q}{r}$. (потенциал поля точечного заряда).

Электрическое напряжение (разность потенциалов)- отношение работы эл. поля по перемещению заряда из одной точки поля в другую к величине этого

заряда. Работа электрического поля по перемещению положительного единичного точечного заряда. $U = \frac{A}{q}$



Принцип суперпозиции полей. Напряженность E результирующего поля, создаваемое системой зарядов, равна геометрической сумме напряженностей полей, создаваемых в данной точке каждым из зарядов в отдельности.

Алгоритм решения задач

1. Внимательно прочитайте условие задачи и уясните основной вопрос; представьте процессы и явления, описанные в задаче.
2. Повторно прочитайте содержание задачи для того, чтобы четко представить основной вопрос задачи, цель решения ее, заданные величины, опираясь на которые можно вести поиски решения.
3. Произведите краткую запись условия задачи с помощью общепринятых буквенных обозначений.
4. Выполните рисунок или чертеж к задаче.
5. Определите, каким методом будет решаться задача; составьте план ее решения.
6. Запишите основные уравнения, описывающие процессы, предложенные задачей системой.
7. Найдите решение в общем виде, выразив искомые величины через заданные.
8. Проверьте правильность решения задачи в общем виде, произведя действия с наименованиями величин.
9. Произведите вычисления с заданной точностью.
10. Произведите оценку реальности полученного решения.

11. Запишите ответ.

Решение задач

1. Определить напряженность поля в точке, лежащей посередине между зарядами $2 \cdot 10^{-7}$ Кл и $-4 \cdot 10^{-7}$ Кл, находящимися в скипидаре ($\epsilon=2,2$) на расстоянии 10 см друг от друга.
2. Расстояние между двумя точечными зарядами $18 \cdot 10^{-9}$ Кл и $9 \cdot 10^{-9}$ Кл равно $6 \cdot 10^{-2}$ м. Найти напряженность в средней точке между зарядами. Среда – воздух.
3. Два точечных заряда $2 \cdot 10^{-9}$ Кл и -10^{-9} Кл находятся на расстоянии 10 см друг от друга. Найти напряженность в точке, находящейся на продолжении соединяющей эти заряды прямой на расстоянии 0,05 м от заряда q_1 . Среда – воздух.
4. В некоторой точке поля на заряд 2 нКл действует сила 0,4 мкН. Найти напряженность поля в этой точке.
5. Какая сила действует на заряд 12 нКл, помещенный в точку, в которой напряженность электрического поля равна 2 кВ/м.
6. С каким ускорением движется электрон в поле напряженностью 10 кВ/м.
7. В вертикально направленном однородном электрическом поле находится пылинка массой $1 \cdot 10^{-9}$ г. и зарядом $3,2 \cdot 10^{-17}$ Кл. Какова напряженность поля, если сила тяжести пылинки уравновешена силой электрического поля?
8. Определить напряженность E электрического поля, создаваемого точечным зарядом $Q=10$ нКл на расстоянии $r=10$ см от него. Диэлектрик — масло.
9. Найдите заряд, создающий электрическое поле, если на расстоянии 5 см от заряда напряженность поля $1,6 \cdot 10^5$ Н/Кл.
10. Капля масла, масса которой 10^{-4} г., находится в электрическом поле во взвешенном состоянии. Напряжённость электрическо-го поля равна 100 Н/Кл. Необходимо определить заряд капли масла.

Контрольные вопросы

1. Электрическая силовая линия.

2. Принцип суперпозиции полей.
3. Зависит ли напряженность поля от пробного заряда перемещенного в данную точку поля?
4. Будет ли заряженное тело в электрическом поле обязательно двигаться по линиям напряженности этого поля, если никакие другие силы не действуют?

Практическая работа №11.

Решение задач по теме «Потенциал. Работа электростатического поля».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут.

Цель: научиться решать задачи по теме «Потенциал. Работа электростатического поля». Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретические сведения.

Потенциал- энергетическая характеристика электрического поля. Определяет энергию взаимодействия электрического поля с единичным положительным зарядом, равен отношению энергии электрического поля к бесконечно

удаленному заряду $\varphi = \frac{W_{\infty}}{q_{np}}$; $\varphi = k \frac{q}{r}$.(потенциал поля точечного заряда)

Электрическое напряжение (разность потенциалов)- отношение работы эл. поля по перемещению заряда из одной точки поля в другую к величине этого заряда. Работа электрического поля по перемещению положительного

единичного точечного заряда. $U = \frac{A}{q}$.

Работа сил электростатического поля при перемещении заряда из одной точки поля в другую не зависит от формы траектории, а определяется только положением начальной и конечной точек и величиной заряда.

Следствием независимости работы от формы траектории является следующее утверждение:

Работа сил электростатического поля при перемещении заряда по любой замкнутой траектории равна нулю.

Физическую величину, равную отношению потенциальной энергии электрического заряда в электростатическом поле к величине этого заряда, называют потенциалом ϕ электрического поля:

$$\phi = \frac{W}{q}$$

Напряжение — разность значений потенциала в начальной и конечной точках траектории.

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

Элементарная работа, совершаемая силой F при перемещении точечного электрического заряда из одной точки электростатического поля в другую на отрезке пути равна

$$A = qE\Delta d = qE(d_1 - d_2) = -(qEd_2 - qEd_1)$$

$$A = -(W_{n2} - W_{n1}) = -(q\phi_2 - q\phi_1) = q(\phi_1 - \phi_2)$$

$$\phi_1 - \phi_2 = U = \frac{A}{q}; [U] = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В.}$$

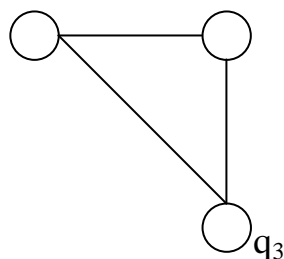
Алгоритм решения задач

Решение задач

1. При перемещении заряда между точками с разностью потенциалов 1 кВ электрическое поле совершило работу 40 мкДж. Чему равен заряд?
2. В вершинах равнобедренного прямоугольного треугольника расположены точечные заряды q_1, q_2, q_3 абсолютные величины которых равны. Знаки зарядов показаны на рисунке. Точка А расположена на середине гипотенузы треугольника. Определить знак потенциала в точке А. Ответ обосновать.

q_1

q_2



3. Расстояние между двумя точечными зарядами $18 \cdot 10^{-9}$ Кл и $9 \cdot 10^{-9}$ Кл равно $6 \cdot 10^{-2}$ м. Найти знак и величину потенциала в средней точке между зарядами. Среда- воздух.
4. Какую работу совершает поле при перемещении заряда $2 \cdot 10^{-9}$ Кл из точки с потенциалом 700 В в точку с потенциалом 200 В?
5. Какую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы его скорость увеличилась от 10 до 30 Мм/с?
6. При перемещении заряда между точками с разностью потенциалов 1 кВ электрическое поле совершило работу 40 мкДж. Чему равен заряд?
7. Какую скорость приобретает электрон, пролетевший ускоряющую разность потенциалов 100кВ?

Контрольные вопросы

1. Дайте определение потенциала электрического поля.
2. Дать определение понятию – потенциал электрического поля.
3. Зависит ли работа электрического тока от траектории движения электрического заряда?

Практическая работа №12.

Решение задач по теме «Емкость. Энергия электростатического поля».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут.

Цель: научиться решать задачи по теме «Емкость. Энергия электростатического поля». Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретические сведения.

Электрическая емкость- способность проводника накапливать электрический заряд.

Емкость уединенного проводника: величина, численно равная отношению заряда проводника к потенциалу $C=q/\varphi$ [Ф]

Конденсатор – система двух проводников, разделенных слоем диэлектрика.

Емкость конденсатора - Отношение заряда, сообщаемого проводнику, к разности потенциалов между обкладками $C=q/\Delta\varphi$ [Ф]

Соединение конденсаторов в батарею (последовательное и параллельное).

$$1/C=1/C_1+1/C_2+\dots+1/C_n \quad (C=C_1/n)$$

$$C=C_1+C_2+\dots+C_n \quad (C=nC_1)$$

Емкость плоского конденсатора: $C=\epsilon\epsilon_0S/d$ [Ф]

S- площадь пластины конденсатора, d- расстояние между пластинами, ϵ – диэлектрическая проницаемость среды, ϵ_0 – электрическая постоянная = $8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м

Емкость шара $C=4\pi\epsilon\epsilon_0R$

Энергия заряженного конденсатора: $W_p = qU/2 = CU^2/2 = q^2/2C$

Алгоритм решения задач

Внимательно прочитайте условие задачи.

Осмыслите условие задачи.

Запишите кратко данные (запись условия производится столбцом с принятыми буквенными обозначениями).

Определите, что требуется найти в задаче.

Недостающие данные взять из таблиц.

Перевести данные задачи в систему стандартных величин СИ.

Найти формулу в которой есть наибольшее количество данных, включая неизвестное.

Решить задачу в общем виде.

Произвести математические вычисления.

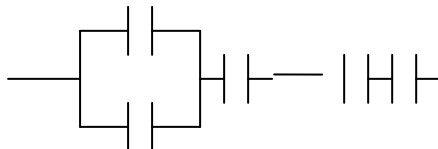
Проанализируйте и запишите ответ.

Решение задач

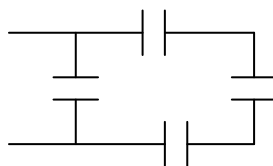
1. Какова емкость конденсатора, если он получил заряд $6 \cdot 10^{-5}$ Кл от источника напряжения 120В? (0,5мкФ)

2. Какой величины заряд сосредоточен на каждой из обкладок конденсатора емкостью 10 мкФ , заряженного до напряжения 100 В ? (1 мКл)

3. Три конденсатора ($C_1=1\text{ мкФ}$, $C_2=2\text{ мкФ}$, $C_3=3\text{ мкФ}$) соединены так, как показано на рисунке. Определить емкость системы конденсаторов.



4. Определить емкость системы конденсаторов между точками А и В в схеме, показанной на рисунке. 3 пФ



5. Определить толщину диэлектрика конденсатора, емкость которого 1400 пкФ , площадь покрывающих друг друга пластин 14 см^2 , если диэлектрик – слюда ($\epsilon=6$) ($d=5,3 \cdot 10^{-5}\text{ м}$)

6. Плоский воздушный конденсатор подключен к источнику постоянного тока. Абсолютная величина заряда на каждой из обкладок равен q_1 , а расстояние между обкладками равно d_1 . При изменении расстояния между обкладками величина заряда на них изменяется. Найти отношение q_2/q_1 при уменьшении расстояния от d_1 до величины $d_2=d_1/3$.

7. Обкладки плоского воздушного конденсатора имеют заряды $+10^{-7}\text{ Кл}$ и -10^{-7} Кл . Разность потенциалов между обкладками составляет 20 В . Определить энергию конденсатора.

8. Конденсатор, состоящий из двух пластин, имеет емкость 5 пФ . Какой заряд находится на каждой из его обкладок, если разность потенциалов между ними 1000 В ?

9. Расстояние между пластинами квадратного плоского конденсатора со стороной 10 см равно 1 мм . Какова разность потенциалов между пластинами, если заряд конденсатора равен 1 нКл .

10. Разность потенциалов между обкладками конденсатора ёмкостью 0,1 мкФ изменилась на 175 В. Определите изменение заряда конденсатора.

Контрольные вопросы

1. Какой конденсатор называют плоским?
2. Какова ёмкость плоского конденсатора?
3. Формулы расчета энергии плоского конденсатора.

Практическое занятие № 13.

Решение задач «Закона Ома для участка цепи».

Время на подготовку и выполнение: 45 минут.

Цель: научиться решать задачи по закону Ома для участка цепи.

Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретические сведения.

Электрический ток - направленное движение заряженных частиц.

Электрический ток возникает при двух условиях: а) наличии «свободных» зарядов; б) существовании электрического поля.

За направление тока принято направление упорядоченного движения положительных зарядов.

Количественная характеристика электрического тока – сила тока: количество электричества, проходящее через сечение проводника за единицу времени $I=q/\Delta t$ [А].


Напряжение – разность потенциалов на участке цепи U [В]. Отношение работы эл. поля по перемещению заряда из одной точки поля в другую к величине этого заряда. $U = \frac{A}{q}$

Однородный участок цепи – это участок цепи, не содержащий ЭДС. $\varphi_1 > \varphi_2$

Закон Ома для однородного участка цепи (для участка цепи): $I=U/R$. Сила тока в проводнике прямо пропорциональна разности потенциалов на концах этого проводника и обратно пропорциональна сопротивлению проводника.

Сопротивление - величина, характеризующая противодействие проводника электрическому току. Проводник с постоянным сопротивлением называют резистором. Сопротивление резистора зависит от его размеров (длины l , площади поперечного сечения S) и удельного сопротивления резистора ρ :

$$R = \rho l / S \text{ [Ом]}.$$

Зависимость удельного сопротивления и сопротивления от температуры описывается линейным законом: $\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$; $R = R_0(1 + \alpha t)$.  - условное обозначение резистора на электрических схемах.

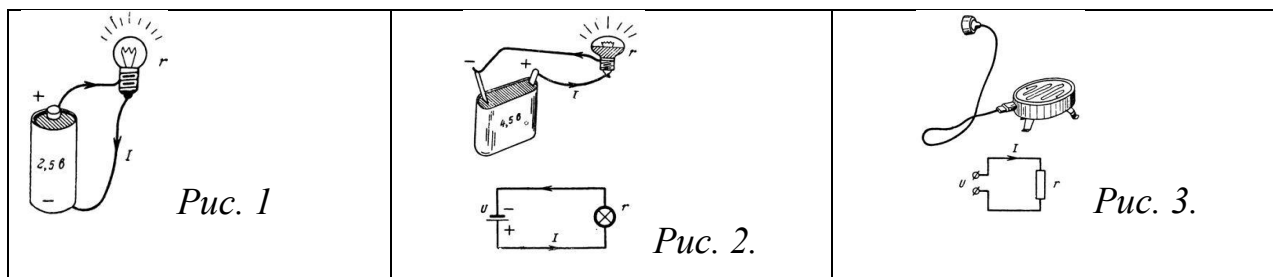
Алгоритм решения задач

Задачи на определение силы тока, напряжения или сопротивления на участке цепи.

1. Понять предложенную задачу (увидеть физическую модель).
2. Анализ (построить математическую модель явления):
 1. Начертить схему и указать на ней все элементы.
 2. Установить, какие элементы цепи включены последовательно, какие – параллельно.
 3. Расставить токи и напряжения на каждом участке цепи и записать для каждой точки разветвления (если они есть) уравнения токов и уравнения, связывающие напряжения на участках цепи.
 4. Используя закон Ома, установить связь между токами, напряжениями и э.д.с.
 5. Если в схеме делают какие-либо переключения сопротивлений или источников, уравнения составляют для каждого режима работы цепи.
3. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
4. Решение проверить и оценить критически.

Примеры:

1. Лампочка карманного фонаря подключена к сухой батарее с напряжением 2,5 В. Какой ток течет через лампочку, если ее сопротивление 8,3 Ом (рис.1)?



$$I = U/r = 2,5/8,3 = 0,3 \text{ A}$$

2. К батарее с напряжением 4,5 В подключена лампочка, спираль которой имеет сопротивление 15 Ом. Какой ток течет через лампочку (на рис. 2 дана схема включения)?

По лампочке в обоих случаях течет одинаковый ток, однако во втором случае потребляется большая мощность (лампочка светит сильнее).

3. Нагревательная спираль электрической плитки имеет сопротивление 97 Ом и подключена к сети напряжением $U = 220 \text{ В}$. Какой ток проходит через спираль? Схему включения см. на рис. 3.

$$I = U/r = 220/97 = 2,27 \text{ A}$$

Решение задач

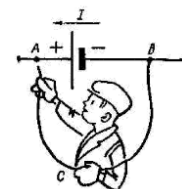
1. Определить силу тока в электрической лампе, если через ее спираль за 10 минут проходит электрический заряд в 300 Кл.
2. Какой электрический заряд протекает в катушке гальванометра, включенного в цепь на 2 минуты, если сила тока 12 мА?
3. Сколько времени длится молния, если при электрическом разряде протекает заряд 25 Кл при силе тока 25 кА?
4. Определить напряжение на участке цепи, если при перемещении заряда 10 Кл совершается работа 2200 Дж.
5. Сопротивление вольтметра равно 120000 Ом. Какова сила тока, протекающего через вольтметр, если он показывает напряжение 120 В?
6. Определите сопротивление электрической лампы, сила тока которой 0,5 А при напряжении 120 В.

7. Электрическая лампочка включена в сеть напряжением 220 В. Какой ток будет проходить через лампочку, если сопротивление ее нити 240 Ом?

Решение качественных задач:

1. Кусок неизолированного провода плотно сложили вдвое. Изменилось ли сопротивление провода и как?

2. На некотором участке цепи АВ ток шел так, как указано на рисунке. Как будет направлен ток, если точки А и В соединить проводником АСВ?



3. Изменится ли ток в электрической цепи, если заменить один гальванический элемент другим того же типа, но с большим размером пластин?

Практическое занятие № 14.

Решение задач по теме «Закона Ома для замкнутой цепи».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут.

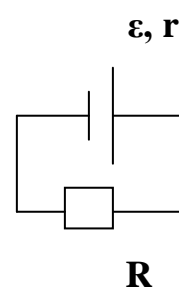
Цель: научиться решать задачи по закону Ома для замкнутой цепи.

Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретические сведения.

Замкнутая цепь состоит из источника тока с ЭДС ε и внутренним сопротивлением r , внешним сопротивлением R , проводов, сопротивление которых обычно очень мало по сравнению с R .



Источник тока – устройство, в котором действуют сторонние силы.

ЭДС (электродвижущая сила)- это энергетическая характеристика источника.

Работа сторонних сил по перемещению единичного положительного заряда внутри источника. $\varepsilon = A_{ст.}/q$ [В]

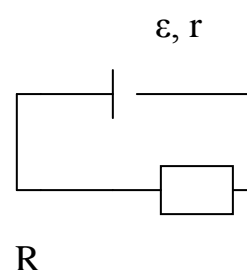
Напряжение (падение напряжения) – есть произведение силы тока на сопротивление IR .

Закон Ома для замкнутой (полной) цепи: $I = \varepsilon / R + r$.

Решение задач

1. При внешнем сопротивлении R_1 по цепи идет ток I_1 . При внешнем сопротивлении R_2 по цепи идет ток I_2 . Найти ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.

2. В схеме, показанной на рисунке, ЭДС источника тока 16 В, внутреннее сопротивление 2 Ом. Ток в цепи 0,5 А. Определить падение напряжения на сопротивлении нагрузки R .



3. Определите силу тока короткого замыкания батареи, ЭДС которой 15 В, если при подключении к ней сопротивление 3 Ом сила тока в цепи составляет 4 А.

4. ЭДС батареи равна 1,55 В. При замыкании ее на нагрузку сопротивлением 3 Ом напряжение на полюсах батареи становится равным 0,95 В. Каково внутреннее сопротивление батареи.

5. Ток в цепи батареи, ЭДС которой 30 В, равен 3 А. Напряжение на зажимах батареи 18 В. Найдите сопротивление внешней части цепи и внутреннее сопротивление батареи.

6. После включения внешней цепи разность потенциалов на зажимах батареи оказалась равной 18 В. Чему равно внутреннее сопротивление батареи, если ЭДС батареи 30 В, а сопротивление внешней цепи 6 Ом?

7. При замыкании источника электрического тока на сопротивление 5 Ом по цепи течет ток 5 А, а при замыкании на сопротивление 2 Ом идет ток 8 А. Найдите внутреннее сопротивление и ЭДС источника тока.

8. Определите внутреннее сопротивление аккумулятора, если известно, что при замыкании его на внешнее сопротивление 14 Ом напряжение на зажимах

аккумулятора 28 В, а при замыкании на сопротивление 29 Ом напряжение на зажимах 29 В. Сопротивлением подводящих проводов пренебречь.

9. К кислотному аккумулятору, имеющему ЭДС 205 В и внутреннее сопротивление 0,2 Ом, подключен потребитель сопротивлением 2,6 Ом.

Определите ток в цепи.

10. Аккумулятор внутренним сопротивлением 0,4 Ом работает на лампочку сопротивлением 12,5 Ом. При этом ток в цепи равен 0,26 А. Определите ЭДС аккумулятора и напряжение на зажимах лампочки.

11. Никелиновая проволока длиной 100 м и площадью поперечного сечения 0,5 мм² включена в цепь с напряжением 127 В. Найти силу тока в цепи.

Контрольные вопросы

1. Согласно закону Ома сопротивление участка цепи $R = \frac{U}{I}$. Означает ли это, что сопротивление зависит от силы тока или напряжения?
2. Что такое удельное сопротивление проводника?
3. В каких единицах выражается удельное сопротивление проводника?
4. Какова физическая суть электрического сопротивления?
5. Какова роль источника тока в электрической цепи?
6. Каков физический смысл ЭДС? Дать определение вольту.
7. От чего зависит напряжение на зажимах источника тока?

Практическое занятие № 15.

Решение задач «Соединения проводников».

Время на подготовку и выполнение: 180 минут.

Цель: научиться решать задачи на различные виды соединения проводников. Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

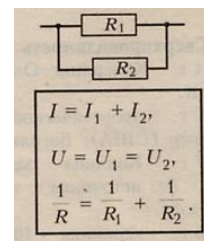
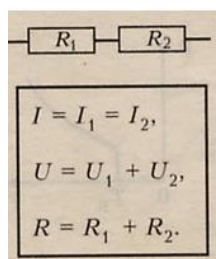
Методические указания:

Теоретические сведения.

Последовательное соединение проводников - это такое

Параллельное соединение проводников – это такое соединение,

соединение при котором конец предыдущего проводника соединяется с началом только одного следующего: при котором все проводники подключены между собой одной и той же парой точек (узлами):



Смешанное соединение проводников – это такое соединение, при котором некоторые проводники соединены последовательно, а некоторые параллельно.

Чтобы найти силу тока, напряжение и сопротивление при смешанном соединении, нужно разбить его на простые участки и найти искомую величину по вышеприведенным правилам, при этом схема упростится до простейшего участка цепи.

Алгоритм решения задач

Задачи на определение силы тока, напряжения или сопротивления на участке цепи.

1. Начертить схему и указать на ней все элементы.
2. Установить, какие элементы цепи включены последовательно, какие – параллельно.
3. Расставить токи и напряжения на каждом участке цепи и записать для каждой точки разветвления (если они есть) уравнения токов и уравнения, связывающие напряжения на участках цепи.
4. Используя закон Ома, установить связь между токами, напряжениями и э.д.с (ϵ).
5. Если в схеме делают какие-либо переключения сопротивлений или источников, уравнения составляют для каждого режима работы цепи.
6. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.

7. Решение проверить и оценить критически.

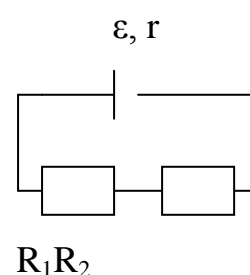
Решение задач

1. Два проводника сопротивлением $R_1=1 \text{ Ом}$, $R_2=3 \text{ Ом}$ соединены последовательно. Сила тока цепи $I=1 \text{ А}$. Определить сопротивление цепи, напряжение на каждом проводнике и полное и полное напряжение всего участка цепи.

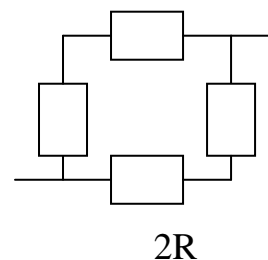
2. Три сухих элемента с ЭДС $1,5 \text{ В}$ каждый и внутренним сопротивлением $0,05 \text{ Ом}$ соединены последовательно. Найдите ЭДС батареи и ее сопротивление.

3. Два сухих элемента с ЭДС $1,5 \text{ В}$ каждый и внутренним сопротивлением $0,005 \text{ Ом}$ соединены один раз последовательно, а другой раз параллельно. Внешней цепью в обоих случаях является резистор сопротивлением $1,4 \text{ Ом}$. Найдите силу тока в цепях.

4. В схеме, показанной на рисунке, ЭДС источника тока 32 В , внутреннее сопротивление 4 Ом , $R_1=20 \text{ Ом}$, $R_2=40 \text{ Ом}$. Определить падение напряжения на сопротивлении R_2 .



5. Выразить через R сопротивление R_{AB} между клеммами А и В в схеме, показанной на рисунке.



6. Имеются 5 проводников с сопротивлением по 5 Ом каждый. Создать возможные схемы соединения проводников. Определить общесопротивление каждой из предложенной цепи.

Практическое занятие № 16.

Решение задач «Постоянный электрический ток».

Время на подготовку и выполнение: 225 минут.

Цель: научиться решать задачи по теме «Постоянный электрический ток». Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретические сведения.

Работа, совершаемая электрическим полем (электрическим током) по перемещению заряда q на участке цепи, равна:

$$A = q \cdot U = I \cdot U \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t = U^2 \cdot t / R \text{ [Дж]}$$

Где I – сила тока на данном участке, U – напряжение на участке цепи, t – время прохождения тока по участку цепи.

Мощность тока при прохождении его по проводнику с сопротивлением R равна:

$$P = \Delta E / t = A / t = IU = I^2 \cdot R = U^2 / R \text{ [Вт]}$$

Закон Джоуля – Ленца: Количество теплоты, выделяющееся проводником при нагревании его током прямо пропорционально силе тока, времени его прохождения по проводнику и падению напряжения на нем:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t = I \cdot U \cdot t = U^2 \cdot t / R$$

Алгоритм решения задач

Внимательно прочитайте условие задачи.

Осмыслите условие задачи.

Запишите кратко данные (запись условия производится столбцом с принятыми буквенными обозначениями).

Определите, что требуется найти в задаче.

Недостающие данные взять из таблиц.

Перевести данные задачи в систему стандартных величин СИ.

Найти формулу в которой есть наибольшее количество данных, включая неизвестное.

Решить задачу в общем виде.

Произвести математические вычисления.

Проанализируйте и запишите ответ.

Решение задач

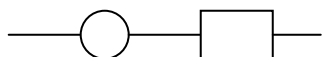
1. Напряжение на концах проводника 12 В, сила тока в проводнике 3 А. Вычислить работу тока за время 5 с. (180 Дж)

2. По проводнику сопротивлением 20 Ом за 5 мин прошло количество электричества 300 Кл. Вычислить работу тока за это время.

3. При напряжении 120 Вв электрической лампе в течение 0,5 мин израсходовано 900 Дж энергии. Определить, чему равна сила тока в лампе. (0,25 А)

4. Электродвигатель трамвая, потребляя ток силой 140 А, развивает мощность 70 кВт. Определите напряжение на полюсах электродвигателя. (50 В)

5. По данным рисунка определить мощность тока, потребляемую резистором R.



$$I = 0,5 \text{ A} \quad R = 120 \text{ Ом}$$

6. Элемент с внутренним сопротивлением 40 Ом и ЭДС 12 В замкнут проводником с сопротивлением 8 Ом. Какое количество теплоты будет выделяться во внешней части цепи за 1 с?

7. Какая работа совершается при прохождении тока по проводнику сопротивлением 10 Ом за время 20 с, если к концам проводника приложено напряжение 12 В?

8. В цепи комнатной электропроводки, рассчитанной на напряжение 220 В, имеется предохранитель на 5 А. Можно ли в этой комнате пользоваться обогревателем, потребляющим мощность 1,5 кВт при напряжении 220 В?

9. Электрический чайник потребляет ток 3 А при напряжении 220 В. Чему равно сопротивление чайника?

10. Определите силу тока, проходящего через реостат, изготовленный из никелиновой проволоки длиной 50 м и площадью поперечного сечения 1 мм^2 , если напряжение на зажимах реостата равно 45 В.

11. К источнику тока с ЭДС=9 В и внутренним сопротивлением 5 Ом подключены проводники сопротивлением 10 Ом и 30 Ом. Найти показания вольтметра.

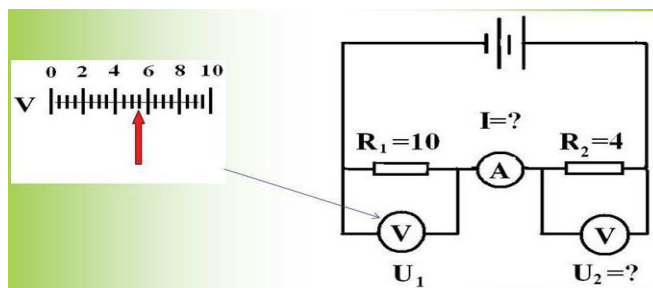
12. За 50с электрическая печь, потребляющая ток силой 30А, выделяет 300кДж тепла. Определите напряжение сети.

13. Можно ли включить в сеть с напряжением 220В прибор на котором написано: 2000 Ом, 0,2А?

14. Какую работу совершает электродвигатель за 1 ч, если сила тока в цепи электродвигателя 5 А, напряжение на его клеммах 220 В? КПД двигателя 80%.

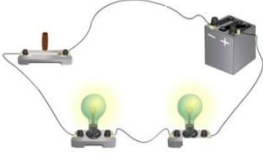
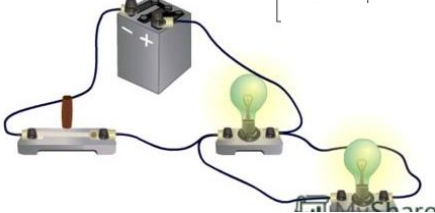
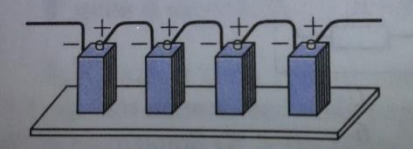
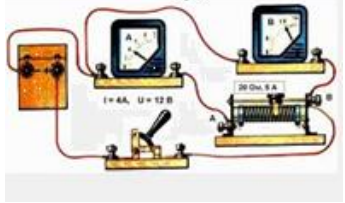
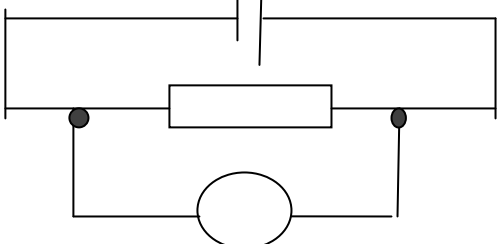
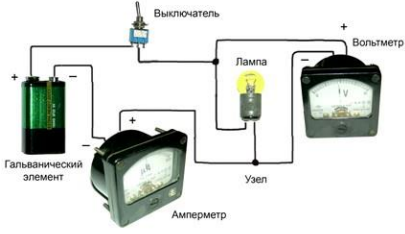
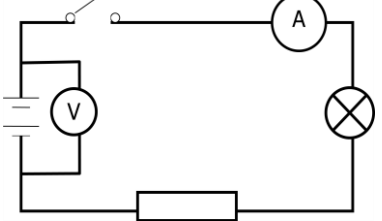
15. Имеется электрическая лампа, рассчитанная на ток мощностью 100 Вт. Ежедневно лампа горит в течение 6 ч. Найти работу тока за один месяц (30 дней) и стоимость израсходованной энергии при тарифе 30 к. за 1 кВт ч.

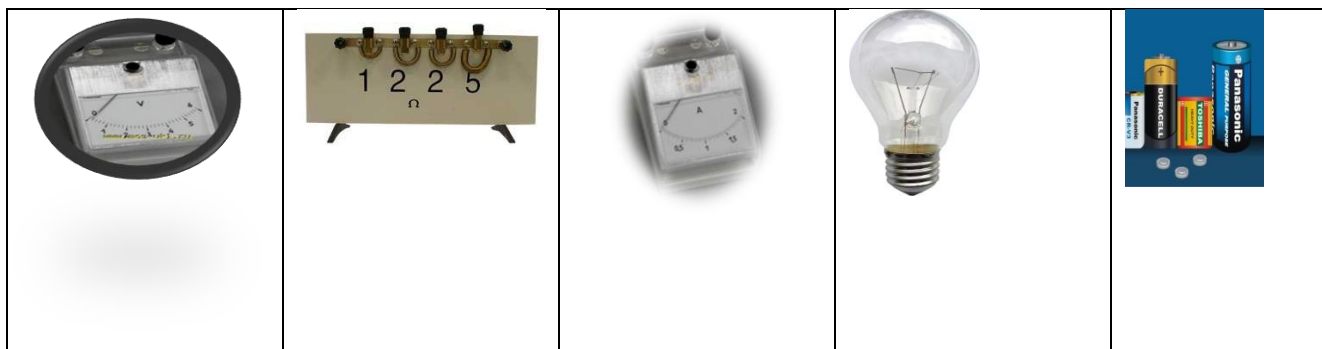
16.



Задания творческого характера

№	Условие задания	Рисунок к заданию.
1	Перед вами на рисунке экспериментальная установка. Начертите схему этой установки	
2	Начертите схему данного вида соединения.	

3	Начертите схему этой установки	
4	Начертите схему этой установки	
5	Начертите схему данного вида соединения.	
6	Начертите схему этой установки	
7	Дайте пояснение к рисунку.	
8	Составьте схему для данного рисунка	
9	Соотнесите стрелками элементы электрической цепи, представленные на рисунке и на схеме.	



Практическое занятие № 17.

Решение задач по теме «Электрический ток в жидкостях», «Электрический ток в вакууме», «Электрический ток в полупроводниках».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут.

Цель: научиться решать задачи по теме «Электрический ток в жидкостях», «Электрический ток в вакууме», «Электрический ток в полупроводниках». Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретические сведения.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ЖИДКОСТЯХ

Химически чистая вода (дистиллированная) является плохим проводником. Однако при растворении в воде различных веществ (кислот, солей, щелочей и др.) раствор становится проводником, из – за распада молекул вещества на ионы. Это явление называется электролитической диссоциацией, а сам раствор электролитом, способным проводить ток.

При прохождении электрического тока через электролит происходят химические реакции на электродах, что приводит к выделению на них химических элементов, входящих в состав электролита.

Выделение на катоде вещества, входящего в состав электролита, называется электролизом.

Первый закон Фарадея: масса вещества (m), выделившегося на катоде, прямопропорциональна заряду (q), прошедшему через электролит.

$$m = kI\Delta t = kq$$

где k — электрохимический эквивалент вещества численно равен массе выделившегося вещества, при переносе заряда в 1 Кл.

Второй закон Фарадея: электрохимические эквиваленты вещества прямопропорциональны отношениям их молярных масс (M) к валентности (n):

$$k = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n}$$

Объединенный закон Фарадея:

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n} I \Delta t = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n} q, \quad F = tN_A = 96500 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}}$$

где F — постоянная Фарадея численно равная заряду, который должен пройти через электролит, чтобы на электроде выделился 1 моль одновалентного вещества.

$q = ne$ — заряд иона, где e — модуль заряда электрона:

Применение электролиза.

Получение алюминия и бокситов; очистка металлов от примесей; получение водорода.

Электрометаллургия. Гальванопластика. Гальваностегия — покрытие металлических изделий неокисляющимися металлами (никелирование, хромирование); гальванопластика — воспроизведение форм предметов в матрицах.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ГАЗАХ

В обычных условиях газы состоят из нейтральных атомов и молекул и являются диэлектриками.

Распад атомов на положительные ионы и электроны называется ионизацией, обратный процесс — рекомбинацией.

В газах электронно-дырочная проводимость. Протекание тока через газ называется газовым разрядом.

Электрическим током в газах называется направленное движение положительных ионов к

катоду, отрицательных ионов и электронов к аноду.

Существует два вида газового разряда: самостоятельный и несамостоятельный разряды.

Газовый заряд, протекающий под действием ионизатор, называется несамостоятельным, а без ионизатора – самостоятельным.

3. Типы самостоятельных разрядов:

Тлеющий разряд.

2. Искровой разряд (молния)

3. Коронный разряд

4. Дуговой разряд

4. Плазма.

Плазма – это частично или полностью ионизированный газ, в котором плотности

положительных и отрицательных зарядов практически совпадают.

5. Применение тока в газах.

Лампы дневного света, лазеры, плазмотроны, МГД-генераторы.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ВАКУУМЕ

Вакуумом называется такая степень разряжения газа, при которой можно считать, что длина свободного пробега молекул превышает линейные размеры сосуда. Вакуум не пропускает электрический ток, так как нет носителя заряда. Выход свободных электронов из металла под действием нагревания называется термоэлектронной эмиссией.

Ток в вакууме осуществляется за счет термоэлектронной эмиссии и представляет собой направленное движение электронов от катода к аноду.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛУЧИ.

ЭЛЕКТРОНО-ЛУЧЕВАЯ ТРУБКА.

Электронные пучки (электронные, катодные лучи) – это поток быстро летящих электронов.

Свойства электронных пучков.

- а) вызывают свечение некоторых твердых и жидких тел (стекла, сульфидов цинка, кадмия);
- б) При резком торможении быстрых электронов, падающих на вещество, возникают рентгеновские лучи;
- в) Электронные пучки отклоняются в электрическом и магнитном поле.

Использование тока в вакууме.

В электронных лампах, электровакуумных печах, рентгеновских трубках, электроннолучевых трубках, применяемых в телевизорах, в осциллографах, в дисплеях ЭВМ.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

Полупроводниками называют вещества, удельное сопротивление которых убывает с повышением температуры.

К полупроводникам относятся германий, кремний, селен и др.

Электрическим током в полупроводниках называется направленное движение электронов

к положительному полюсу, и дырок – к отрицательному полюсу. (Собственная проводимость).

2. Примесной проводимостью полупроводников называется их электропроводимость, обусловленная внесением в их кристаллические решетки примесей.

Донорная примесь – это примесь, отдающая свой лишний электрон, не участвующий в создании ковалентной связи.

Полупроводники с донорными примесями обладают электронной проводимостью и называются полупроводниками *n*-типа.

Акцепторная примесь – это примесь, у которой не хватает электронов до полной ковалентной связи с соседними атомами.

Полупроводники с акцепторными примесями обладают дырочной проводимостью и называются полупроводниками *p*-типа.

3. Полупроводниковый диод:

- а) прямой *p-n* - переход; б) обратный *p-n* - переход;

4. транзистор

5. Применение полупроводников.

В современной технике применяются в элементах электроники диоды, транзисторы, тиристоры, термисторы, фоторезисторы, фотодиоды, светодиоды и др.

Таблица. Электрохимические эквиваленты

Вещество	Валентность	$k, 10^{-6}$ кг/Кл	Вещество	Валентность	$k, 10^{-6}$ кг/Кл
Алюминий	3	0,0932	Никель	2	0,3041
Бром	1	0,8282	Никель	3	0,2027
Водород	1	0,01045	Олово	2	0,6150
Железо	2	0,2929	Платина	4	0,5058
Железо	3	0,1929	Ртуть	1	2,0789
Золото	3	0,6812	Свинец	2	1,0736
Кислород	2	0,0829	Сера	2	0,1661
Медь	1	0,6588	Серебро	1	1,1179
Медь	2	0,3294	Хлор	1	0,3674
Натрий	1	0,2383	Цинк	2	0,3388

Алгоритм решения задач

Внимательно прочитайте условие задачи.

Осмыслите условие задачи.

Запишите кратко данные (запись условия производится столбцом с принятыми буквенными обозначениями).

Определите, что требуется найти в задаче.

Недостающие данные взять из таблиц.

Перевести данные задачи в систему стандартных величин СИ.

Найти формулу в которой есть наибольшее количество данных, включая неизвестное.

Решить задачу в общем виде.

Произвести математические вычисления.

Проанализируйте и запишите ответ.

Решение задач

1. Определите, какая масса алюминия отложится на катоде за 10 ч при электролизе $Al_2(SO_4)_3$, если сила тока равна 1 А.

2. Определите число Фарадея, если известно, что при прохождении через электролитическую ванну заряда 7348 Кл масса выделившегося на катоде золота 5 г . Химический эквивалент золота 66 г/моль .
3. Цинковый анод массой 5 г поставлен в электролитическую ванну, через которую проходит ток 2 А . Через какое время анод полностью израсходуется на покрытие металлических изделий?
4. Две электролитические ванны включены последовательно. В первой ванне находится раствор хлорида железа (II), а во второй - раствор хлорида железа (III). Определите массы выделившегося железа на анодах и хлора на катодах в каждой ванне при прохождении электрического заряда $9,65 \cdot 10^7 \text{ Кл}$.
5. За 10 минут в гальванической ванне выделилось $0,67 \text{ г}$ серебра. Амперметр, включенный последовательно с ванной, показывал $0,90 \text{ А}$. Верно ли показание амперметра?
6. Зная электрохимический эквивалент серебра, определите электрохимический эквивалент золота.
7. Максимальный анодный ток в ламповом диоде равен 50 мА . Сколько электронов вылетает из катода за каждую секунду?
8. В четырех валентный германий вводится примесь: а) пятивалентный мышьяк; б) трёхвалентный индий. Каким будет основной ток в германии в каждом случае: электронным или дырочным? Определить массу серебра, выделившегося на катоде при электролизе азотнокислого серебра за 220 с , если к ванне приложено напряжение 2 В , сопротивление ванны 5 Ом , а ЭДС поляризации $0,8 \text{ В}$.
9. Сколько электронов испускает ежесекундно катод при токе насыщения 10^{-2} А ?
10. Сколько никеля выделится при электролизе за время 3600 с при токе 10 А , если известно, что молярная масса никеля $0,05817 \text{ кг/моль}$, а валентность $z=2$?

11. При электролизе раствора $ZnSO_4$ была затрачена энергия $7,20 \cdot 10^6$ Дж. Определите массу m выделившегося цинка, если напряжение на зажимах ванны 4 В (для цинка $k=0,34 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл).

12. Какое количество двухвалентного никеля можно выделить электролитическим путем из раствора серной сернокислого никеля за 1 ч притоке 1,5 А (электрохимический эквивалент $k=3,04 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл).

13. В телевизорах напряжение между анодом и катодом электронно-лучевой трубки 10 кВ, а сила тока в анодной цепи 300 мкА. Определите энергию электронов и мощность электрического пучка.

14. При никелировании детали в течении 50 минут сила тока, проходящего через ванну, была равна 2 А. Какова масса, выделившегося вещества на детали?

15. Из нити накала электронной лампы при данной температуре вылетает $2,5 \cdot 10^{16}$ электрона за 1 с. Определите максимальный анодный ток в лампе.

16. Сколько времени длится покрытие изделия слоем никеля массой 1800 кг при силе тока 2 А?

17. Ванна с раствором азотнокислого серебра подключена к источнику с напряжением 4 Вольта. Определить сопротивление раствора в ванне, если за 1 час на катоде выделилось 6,04 грамм серебра.

18. Рассчитайте электрохимический эквивалент двухвалентного железа.

Контрольные вопросы

1. В чем отличие проводников от полупроводников?
2. Что понимается под собственной проводимостью полупроводников?
3. Принцип работы лампового диода.
4. Принцип работы лампового триода.
5. Принцип работы электронно-лучевой трубки.
6. Электронные пучки и их свойства.
7. Описать процесс рекомбинации заряженных частиц.
8. Почему плазма является хорошим проводником тока?

Практическое занятие № 18.
Решение задач по теме «Индукция магнитного поля».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут.

Цель: научиться решать задачи по теме «Индукция магнитного поля». Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретические сведения.

Взаимная связь электрических и магнитных полей была установлена выдающимся английским физиком М. Фарадеем в 1831 г. Он открыл явление **электромагнитной индукции**.

Многочисленные опыты Фарадея показывают, что с помощью магнитного поля можно получить электрический ток в проводнике.

Явление электромагнитной индукции заключается в возникновении электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего контур.

Ток, возникающий при явлении электромагнитной индукции, называют **индукционным**.

В электрической цепи (рисунок 1) возникает индукционный ток, если есть движение магнита относительно катушки, или наоборот. Направление индукционного тока зависит как от направления движения магнита, так и от расположения его полюсов. Индукционный ток отсутствует, если нет относительного перемещения катушки и магнита.



Рисунок 1.

Магнитный поток- число линий магнитной индукции, пронизывающих контур с током $\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$.

Где угол между направлениями векторов магнитной индукции и нормали к плоской поверхности.

Явление электромагнитной индукции: при всяком изменении магнитного потока через проводящий контур в этом контуре возникает электрический ток.

Закон электромагнитной индукции. ЭДС индукции в замкнутом контуре, прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром $E = -\frac{\Delta\Phi}{t}$. (для катушки с током $\varepsilon_i = -N \cdot \Delta\Phi / \Delta t$).

Знак «-» объясняется правилом Ленца: индукционный ток всегда имеет такое направление, при котором его магнитное поле уменьшает изменение магнитного потока, являющееся причиной возникновения этого тока.

Самоиндукция- явление возникновения ЭДС индукции в проводнике, по которому протекает переменный электрический ток. ($\varepsilon_{is} = -L \cdot \Delta I / \Delta t$)

Индуктивность- величина, численно равная потоку самоиндукции при силе тока в 1 А. ($L = \Phi / I$)

Энергия магнитного поля $W = LI^2 / 2$.

Алгоритм решения задач

1. Понять предложенную задачу (увидеть физическую модель).
2. Анализ (построить математическую модель явления):
 1. Установить причины изменения магнитного потока, связанного с контуром, и определить какая из величин B , S или α , входящих в выражение для Φ , изменяется с течением времени.
 2. Записать формулу закона электромагнитной индукции.
 3. Выражение для Φ представить в развернутом виде ($\Delta\Phi$) и подставить в исходную формулу закона электромагнитной индукции.
 4. Записать математически все вспомогательные условия.
 3. Полученную систему уравнений решить относительно искомой величины.

4. Решение проверить и оценить критически.

Решение задач.

1.Какой величины ЭДС индукции возбуждается в контуре, если в нем за 0,1с магнитный поток равномерно изменяется на 0,05 Вб?

2.За какой промежуток времени магнитный поток изменится на 0,04 Вб, если в контуре возбуждается ЭДС индукции 16 В?

3.Соленоид содержит 100 витков проволоки. Найти ЭДС индукции, если в этом соленоиде за 5 мс магнитный поток равномерно изменился от 3 мВб до 1,5 мВб.

4.Силовые линии однородного магнитного поля пересекают плоскую площадку так, что угол между ее плоскостью и направлением вектора B равен 30° . Величина магнитной индукции 0,01 Тл, площадь площадки 10 см². Определите величину магнитного потока, пронизывающего площадку.

5.Плоский замкнутый квадратный виток, сделанный из проволоки, расположен в однородном магнитном поле с магнитной индукцией 0,01 Тл перпендикулярно силовым линиям поля, площадь витка 100 см². Рассчитать магнитный поток, пронизывающий площадь контура.

6.Прямолинейный проводник длиной 0,5 м движется в магнитном поле со скоростью 6 м/с под углом 30° к направлению вектора магнитной индукции. Определите индукцию магнитного поля, если в проводнике возникает ЭДС электромагнитной индукции 3 В.

7.Скорость летящего горизонтально самолета 900 км/ч. Вычислите ЭДС индукции, возникающую на концах крыльев этого самолета, если вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли равна $0,5 \cdot 10^{-4}$ Тл, а размах крыльев самолета 12,5 м

8. Рамка, имеющая 25 витков, находится в магнитном поле. Определите ЭДС индукции, возникающую в рамке при изменении магнитного потока в ней от 0,098 до 0,013 Вб за 0,16 с

Контрольные вопросы:

1.В чем заключается явление электромагнитной индукции?

2. Какой ток называют индукционным?
3. Сформулируйте закон электромагнитной индукции. Какой формулой он описывается?
4. Как формулируется правило Ленца?
5. Какова связь правила Ленца с законом сохранения энергии?

Практическое занятие № 19.
Решение задач по теме «Расчет силы Ампера и силы Лоренца».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут.

Цель: научиться решать задачи по теме «Сила Ампера и сила Лоренца». Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретические сведения.

Магнитное поле - особый вид материи, возникающий вокруг движущихся электрических зарядов (токов) и действующий на заряды (токи).

Графически магнитное поле изображается при помощи линий магнитной индукции. Линиями магнитной индукции называются воображаемые линии, касательные к которым в каждой точке совпадают с направлением вектора B в этих точках поля. Линии магнитной индукции замкнуты (в природе отсутствуют свободные магнитные заряды).

Магнитная индукция - силовая характеристика магнитного поля, равная отношению максимальной силы, действующей со стороны магнитного поля на участок проводника с током к силе тока и длине участка проводника.

$$B = F_{\max} / I \cdot \Delta l \quad [\text{Тл}]$$

За направление вектора магнитной индукции принимается направление от южного полюса к северному полюсу магнитной стрелки, свободно устанавливающейся в магнитном поле.

Направление вектора магнитной индукции поля, созданного проводником с током, определяется правилом буравчика (правило правого винта):

1.если движение острия буравчика с правой резьбой совпадает с направлением тока в проводнике, то направление вектора магнитной индукции совпадает с направлением вращения рукоятки буравчика (вокруг длинных прямолинейных проводников).

2.если ввинчивать буравчик, так, чтобы он шел по направлению вектора магнитной индукции, то направление вращения его ручки укажет направление тока (кольцевой проводник)

Магнитный поток- число линий магнитной индукции, пронизывающих контур с током $\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$.

Сила Ампера – сила, действующая на проводник с током, помещенный в однородное магнитное поле.

$$F_A = I \cdot l \cdot B \cdot \sin \alpha \text{ [Н]}$$

Направление силы Ампера определяется по правилу левой руки: «если левую руку расположить так, чтобы составляющая вектора магнитной индукции входила в ладонь, а 4 вытянутых пальца были направлены по направлению тока, то отогнутый на 90° большой палец покажет направление силы, действующей на отрезок проводника».

Сила Лоренца – сила, действующая на электрический заряд, движущийся в магнитном поле. $F_L = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha \text{ [Н]}$

Направление силы Лоренца определяется по правилу левой руки: «если левую руку расположить так, чтобы составляющая вектора магнитной индукции входила в ладонь, а 4 вытянутых пальца были направлены по движению положительного заряда (против движения отрицательного), то отогнутый на 90° большой палец покажет направление силы, действующей на заряд силы Лоренца».

Взаимодействие проводников с током: если по проводникам, расположенным на некотором расстоянии друг от друга, текут токи, то проводники с токами, текущими в разных направлениях, отталкиваются друг от друга, в одинаковых – притягиваются. Если в одном из проводников нет тока, то они не взаимодействуют.

Алгоритм решения задач

Задачи о силовом действии магнитного поля на проводники с током.

1. Понять предложенную задачу (увидеть физическую модель).
2. Анализ (построить математическую модель явления):
 1. Сделать схематический чертеж, на котором указать контур с током и направление силовых линий поля. Отметить углы между направлением поля и отдельными элементами контура.
 2. Используя правило левой руки, определить направление сил поля (сила Ампера), действующих на каждый элемент контура, и проставить векторы этих сил на чертеже.
 3. Указать все остальные силы, действующие на контур.
 4. Исходя из физической природы сил, выразить силы через величины, от которых они зависят.
3. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
4. Решение проверить и оценить критически.

Задачи о силовом действии магнитного поля на заряженные частицы.

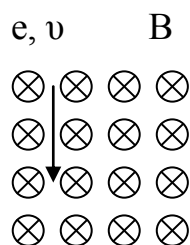
1. Понять предложенную задачу (увидеть физическую модель).
2. Анализ (построить математическую модель явления):
 1. Нужно сделать чертеж, указать на нем силовые линии магнитного и электрического полей, проставить вектор начальной скорости частицы и отметить знак ее заряда.
 2. Изобразить силы, действующие на заряженную частицу.
 3. Определить вид траектории частицы.
 4. Разложить силы, действующие на заряженную частицу, вдоль направления магнитного поля и по направлению, ему перпендикулярному.
 5. Составить основное уравнение динамики материальной точки по каждому из направлений разложения сил.
 6. Исходя из физической природы сил, выразить силы через величины, от которых они зависят.

3. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
4. Решение проверить и оценить критически.

Решение задач

1. На рисунке представлен проводник с током, направление которого показано стрелкой. Указать направление вектора магнитной индукции \vec{B} в точках А и С. Ответ обосновать.

2. Электрон влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно силовым линиям (см. рис., направление вектора \vec{B} от нас). Нарисовать траекторию движения, указать направление движения электрона по ней. Ответ обосновать.



3. Проводник, длиной l помещен в магнитное поле с магнитной индукцией B . По проводнику течет ток с силой I . Направление тока проводника составляет угол 90° с направлением вектора магнитной индукции B магнитного поля. Запишите выражение для величины силы, действующей на проводник с током в магнитном поле.

4. Частица влетает в однородное магнитное поле с магнитной индукцией $0,01$ Тл со скоростью 1 км/с. Определить радиус траектории частицы в магнитном поле. Масса частицы 10^{-15} кг, заряд 1 нКл.

5. Два проводника помещены в однородное магнитное поле перпендикулярно силовым линиям. Значение магнитной индукции поля, в которое помещен первый проводник, в 3 раза больше магнитной индукции поля, в которое помещен второй проводник. Длина первого проводника в 3 раза больше длины второго проводника. Значение токов, текущих по проводникам, таковы $I_1 = I_2/3$. Определить отношение сил, действующих на проводники в этих магнитных полях.

6. В однородное магнитное поле с магнитной индукцией B влетает перпендикулярно силовым линиям заряженная частица, заряд которой равен q , а масса m . Радиус окружности, по которой будет двигаться частица в магнитном поле R . Записать выражение для кинетической энергии частицы, используя величины, заданные в условии.

7. Какая сила действует на проводящую шину длиной 10 м, по которой проходит ток 7000 А, в магнитном поле с индукцией 1,8 Тл?

8. На проводник длиной 50 см с током 2,0 А однородное магнитное поле с магнитной индукцией 0,1 Тл действует с силой 0,05 Н. Вычислите угол между направлением тока и вектором магнитной индукции.

9. На прямой проводник длиной 0,5 м, расположенный перпендикулярно магнитному полю с индукцией $2 \cdot 10^{-2}$ Тл, действует сила 0,15 Н. Найдите силу тока, протекающего в проводнике.

10. Электрон движется в вакууме со скоростью $3 \cdot 10^6$ м/с в однородном магнитном поле с магнитной индукцией 0,1 Тл. Чему равна сила, действующая на электрон, если угол между направлениями скорости электрона и линиями магнитной индукции равен 90° .

11. Протон в магнитном поле с индукцией 0,01 Тл описал окружность радиусом 10 см. Найдите скорость протона.

12. Чему равен радиус кривизны траектории протона, движущегося со скоростью 0,1 с ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с) в магнитном поле с индукцией 1,5 Тл?

13. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 4$ мТл. Найдите период обращения электрона.

Контрольные вопросы

1. Назначение прибора масс-спектрографа.
2. Какими свойствами обладает магнитное поле?
3. Какой характеристикой поля является вектор магнитной индукции?
4. Как связаны векторы напряженности и индукции магнитного поля?
5. Что называют удельным зарядом частицы?
6. Какие ускорители заряженных частиц вам известны?

Практическое занятие № 20.
Решение задач по теме «Магнитный поток. Закон ЭМИ»,
«Энергия магнитного поля тока».

Цель: научиться решать задачи по теме «Магнитный поток. Закон ЭМИ», «Энергия магнитного поля тока». Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Алгоритм решения задач

Внимательно прочитайте условие задачи.

Осмыслите условие задачи.

Запишите кратко данные (запись условия производится столбцом с принятыми буквенными обозначениями).

Определите, что требуется найти в задаче.

Недостающие данные взять из таблиц.

Перевести данные задачи в систему стандартных величин СИ.

Найти формулу в которой есть наибольшее количество данных, включая неизвестное.

Решить задачу в общем виде.

Произвести математические вычисления.

Проанализируйте и запишите ответ.

Решение задач

1. Самолет с размахом крыльев 80 м на повороте наклоняется на угол 30° . Определить напряжение между концами крыльев, если скорость самолета 600 км/ч, а индукция магнитного поля Земли равна $5 \cdot 10^{-5}$ Тл.
2. Найти магнитный поток в катушке с индуктивностью 0,1 Гн, состоящей из 1400 витков при токе в 6,3 А.
3. Внутри электромагнита находится стальной сердечник с магнитной проницаемостью $6 \cdot 10^{-4}$ Гн/м, сечением 10 см^2 средней длиной 40 см. Определить индуктивность электромагнита, если число витков его обмотки равно 1000.

4. Какой должна быть длина активной части проводника, движущегося в магнитном поле с индукцией $0,8 \text{ Тл}$, перпендикулярно направлению потока со скоростью 10 м/с , что бы в проводнике индуцировалась Э.Д.С., равная 8 В ?

5. Контур, состоящий из 25 витков, находится в магнитном поле. Определить Э.Д.С. индукции, возникающую при изменении магнитного потока от $0,098$ до $0,013 \text{ Вб}$ за $0,16 \text{ с}$.

6. Контур сопротивлением 3 Ома находится в магнитном поле. В результате изменения этого поля магнитный поток возрос с $2 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$. Какой заряд при этом прошел по контуру?

7. Катушка, содержит 1000 витков медной проволоки сечением $0,2 \text{ мм}^2$. Диаметр катушки 5 см . С какой скоростью нужно двигать внутри магнит, напряженность магнитного поля которого 400 А/м , чтобы сила тока в катушке достигла $0,1 \text{ А}$?

8. За 5 мс в соленоиде, содержащем 500 витков провода, магнитный поток равномерно убывает с 7 до 3 мВб . Найдите ЭДС индукции в соленоиде.

9. найдите ЭДС индукции в проводнике с длиной активной части $0,25 \text{ м}$, перемещаемой в однородном магнитном поле с индукцией 8 мТл со скоростью 5 м/с под углом 30° к вектору магнитной индукции.

10. Найдите энергию магнитного поля соленоида, в котором при силе тока 10 А возникает магнитный поток $0,5 \text{ Вб}$.

Контрольные вопросы.

1. Чем вызвано индуктивное сопротивление у катушки при подключении её в цепь переменного тока?

2. От чего зависит индуктивное сопротивление?

3. Почему уменьшается индуктивное сопротивление при удалении из катушки железного сердечника?

4. Почему на постоянном токе индуктивное сопротивление катушки равно нулю?

5. Чему равно индуктивное сопротивление в цепи переменного тока?

6. Как связаны между собой действующие значения силы тока и напряжения на катушке индуктивности?

Практическое занятие № 21.
Решение задач по теме «Механические колебания».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут.

Цель: научиться решать задачи по теме «Механические колебания», «Зависимость периода и частоты свободных колебаний нитяного маятника от его длины». Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретические сведения.

Колебания-периодически изменяющийся процесс.

Свободные колебания- колебания, проходящие под действием внутренних сил системы.

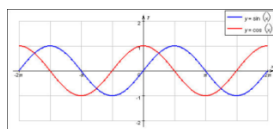
Гармонические колебания- колебания, совершающиеся по закону синуса или косинуса. $x = x_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$

Амплитуда- максимальное отклонение от положения равновесия.

Фаза колебаний- величина, определяющая состояние колебательной системы при заданной амплитуде колебаний в любой момент времени. Аргумент синуса или косинуса при гармонических колебаниях.

Период- время одного полного колебания, время, в течение которого система возвращается в исходное положение $T = \frac{t}{N}$.

Частота- Отношение числа колебаний ко времени, в течение которого они совершаются. Число колебаний в единицу времени. Величина обратная периоду $\nu = \frac{1}{T} = \frac{N}{t}$.



Математическим маятником называется материальная точка, подвешенная на невесомой нерастяжимой нити, и совершающая движение в вертикальной плоскости под действием силы тяжести.

Период колебаний математического маятника:

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

Период колебаний пружинного маятника:

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

Алгоритм решения задач

Внимательно прочитайте условие задачи.

Осмыслите условие задачи.

Запишите кратко данные (запись условия производится столбцом с принятыми буквенными обозначениями).

Определите, что требуется найти в задаче.

Недостающие данные взять из таблиц.

Перевести данные задачи в систему стандартных величин СИ.

Найти формулу в которой есть наибольшее количество данных, включая неизвестное.

Решить задачу в общем виде.

Произвести математические вычисления.

Проанализируйте и запишите ответ.

Решение задач

1. Маятник совершил 20 колебаний за 1 мин 20сек. Найти период и частоту колебаний.

2. Координата колеблющегося тела изменяется по закону: $x=5\cos(\pi t+\pi/2)$. Определить амплитуду, циклическую частоту, частоту, период, начальную фазу колебаний.

3. Колебания математического маятника задано уравнением: $x=5\sin(\pi t+\pi/2)$, см.

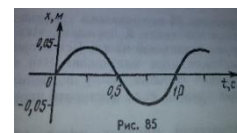
4. Во сколько раз изменится период и частота колебаний математического маятника, если длину нити маятника увеличить в 4 раза? Определить отношение T_2/T_1 и ν_2/ν_1 .

5. Груз, массой 0,4 кг, подвешенный к невесомой пружине, совершает 30 колебаний в минуту. Чему равна жесткость пружины?

6. Из уравнения движения точки $x=5 \sin(\pi t/8)$ м определить максимальное значение скорости и ускорения.

7. Найти массу груза, который на пружине жесткостью 250 Н/м делает 20 колебаний за 16 с?

8. Найдите амплитуду, период и частоту колебаний груза на пружине жесткостью 40 Н/м , на представленном графике.

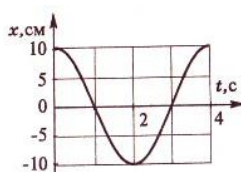


9. Найдите массу груза, который на пружине жесткостью 250 Н/м делает 20 колебаний за 16 сек.

10. Какую длину имеет математический маятник с периодом колебаний 2 с.

11. на пружине жесткостью 40 Н/м подвешен груз массой 500 г . Постройте график колебаний этого груза, если амплитуда равна 1 см .

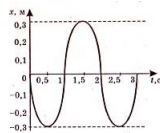
12. На рисунке приведен график гармонических колебаний. Определите амплитуду колебаний.



13. За 8 с маятник совершил 24 колебания. Определите период колебаний.

14. За 6 с маятник совершил 42 колебания. Определите частоту колебаний маятника.

15. На рисунке изображен график зависимости координаты тела, совершающего гармонические колебания, от времени. Используя рисунок, определите период колебаний.



16. Точка совершает гармонические колебания. При смещении от положения равновесия 4 см ее скорость равна 6 см/с, а при смещении 3 см – 8 см/с.

Найдите циклическую частоту.

17. Гармонические колебания происходят по закону: $x = A \sin \omega t$. Известно, что при фазе $\pi/6$ рад смещение равно 4 см. Определите амплитуду колебаний (в см).

Контрольные вопросы

1. Какое движение называют колебательным?
2. Какое колебание называют гармоническим?
3. По какому закону изменяется скорость, ускорение при свободных гармонических колебаниях?
4. Как определить амплитуду результирующего колебания при сложении двух колебаний одного направления и одинаковой частоты?
5. От чего зависит период колебания математического и пружинного маятника?
6. От чего зависит амплитуда вынужденных колебаний?

Практическое занятие №22.

«Изучение зависимости периода колебаний нитяного (или пружинного) маятника от длины нити (или массы груза).

Цель работы: проверить:

- 1) Зависит ли период колебания маятника от амплитуды (отклонение маятника от положения равновесия, брать не более $5-8^\circ$)?
- 2) Зависит ли период колебания от массы маятника?
- 3) Зависимость периода колебания от длины маятника?

Оборудование: математический маятник, набор грузов, линейка, секундомер.

Время на подготовку и выполнение: 90 минут

Методические указания:

Описание теории.

Математическим маятником называется материальная точка, подвешенная на невесомой и нерастяжимой нити. Моделью может служить тяжёлый шарик, размеры которого весьма малы по сравнению с длиной нити, на которой он подвешен (не сравнимы с расстоянием от центра тяжести до точки подвеса). Учёные Галилей, Ньютон, Бессель и др. установили следующие законы колебания математического маятника:

1. Период колебания математического маятника не зависит от массы маятника и от амплитуды, если угол размаха не превышает 10° .

2. Период колебания математического маятника прямо пропорционален квадратному корню из длины маятника и обратно пропорционален квадратному корню из ускорения свободного падения.

На основании этих законов можно написать формулу для периода колебаний математического маятника: $T = 2\pi\sqrt{l/g}$

Используя модель и законы колебаний математического маятника, можно пронаблюдать свободные колебания, а также с их помощью определить ускорение свободного падения для своей местности и сравнить со справочным значением g .

Задание: ответьте письменно на все поставленные вопросы и приступите к выполнению работы.

Ход работы:

1. Укрепить нить маятника в держателе штатива.
2. Измерить длину маятника (длина маятника считается от точки подвеса до центра тяжести шарика).
3. Отклонить шарик на угол не более 10° и отпустить.
4. Определить время, за которое маятник совершил 20 колебаний.
5. Вычислить период колебания маятника, используя формулу $T = t/N$.
6. Повторить опыт еще три раза, уменьшая (или увеличивая) длину нити маятника.

7. Данные всех опытов и результаты расчетов внести в таблицу.
8. Проанализировать результаты опытов и сделать вывод о зависимости периода нитяного маятника от длины его нити.

№ опыта	Длина нити маятника l , м	Число полных колебаний N	Время колебаний t , с.	Период колебаний T , с.
1		20		
2		20		
3		20		
4		20		

Вопросы для контроля:

- Изобразите математический маятник в крайней правой точке и покажите на чертеже силы, действующие на шарик в данной точке траектории. Нарисуйте равнодействующую сил. Как меняется величина и направление равнодействующей сил в течение периода?
- Каким будет характер движения маятника:
 - при его перемещении от положения равновесия до амплитудного значения координаты?
 - при его перемещении от амплитудного значения к положению равновесия?
- Как будет меняться период колебаний ведерка с водой, подвешенного на очень длинном шнуре:
 - если из отверстия в его дне постепенно будет вытекать вода?
 - если увеличить длину шнура?
- Какой математический закон или формулу вы использовали при ответе на данные вопросы?

Практическое занятие № 23.

Решение задач по теме «Упругие волны».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут.

Цель: научиться решать задачи по теме «Упругие волны». Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретические сведения.

Волновой процесс (волна) – процесс распространения колебаний в среде (волны на поверхности жидкости, упругие волны, электромагнитные волны). *Основное свойство волны:* перенос энергии без переноса вещества, т.к. при распространении волны частицы среды не двигаются вместе с волной, а колеблются около своих положений равновесия. Упругие (механические) волны – механические возмущения, распространяющиеся в упругой среде. Газ, жидкость обладают только *объёмной упругостью*, т.е. способностью сопротивляться изменению объёма.

Твёрдое тело – объёмная упругость и *упругость формы*. *Звуковые (акустические) волны* – упругие волны малой интенсивности.

$\nu = 16 \div 2 \cdot 10^4$ Гц – слышимый звук,

$\nu < 16$ Гц – инфразвук,

$\nu > 2 \cdot 10^4$ Гц – ультразвук,

$\nu > 10^9$ Гц – гиперзвук

Интенсивность звука (сила звука) – величина, определяемая средней по времени энергией, переносимой звуковой волной в единицу времени сквозь единичную площадку, расположенную перпендикулярно направлению распространения волны: Интенсивность звука – объективная характеристика звуковой волны. Чувствительность человеческого уха различна для различных частот, поэтому вводят субъективную характеристику звука, связанную с его интенсивностью, зависящую от частоты: *громкость звука*. Упругая волна называется *продольной*, если частицы среды колеблются в направлении

распространении волны. Продольные волны связаны с объёмной деформацией упругой среды, следовательно, могут распространяться в любой среде – твёрдой, жидкой, газообразной. Упругая волна называется *поперечной*, если частицы среды колеблются, оставаясь в плоскостях, перпендикулярных к направлению распространения волн.

Они связаны с деформацией сдвига упругой среды, следовательно, распространяются в средах, обладающих упругостью формы, т.е. твёрдых телах. *Поверхностные волны* – волны, распространяющиеся вдоль свободной поверхности (жидкости). Возмущения этой поверхности возникают под влиянием внешних воздействий. Расстояние, на которое распространяется волна за время равное периоду T , называется *длиной волны* – расстояние между ближайшими точками, колеблющимися в одной фазе.

$$\lambda = vT,$$

Для характеристики волн используется волновое число

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{vT} = \frac{\omega}{v}.$$

Периодом волны T называют время одного полного колебания ее точек.

Величину обратную периоду, называют частотой волны.

$$\nu = 1/T$$

Скорость распространения волны и длина волны зависят от свойств среды, в которой волна распространяется, а период и частота зависят только от свойств источника волны.

Интерференция волн – это сложение в пространстве двух или нескольких волн, при которых в разных его точках получается усиление или ослабление результирующей волны. Интерференция характерна для волн любой природы.

Интерференция – явление характерное для волн любой природы: механических, электромагнитных. "Интерференция волн – сложение в пространстве двух (или нескольких) волн, при котором в разных его точках получается усиление или ослабление результирующей волны".

Для образования устойчивой интерференционной картины необходимы когерентные (согласованные) источники волн.

Когерентными называются волны, имеющие одинаковую частоту постоянную разность фаз. условия максимумов условия минимумов, где $k=0; \pm 1; \pm 2; \pm 3; \dots$ (разность хода волн равна четному числу полуволен). Волны от источников S_1 и S_2 придут в точку C в одинаковых фазах и "усилят друг друга". - фазы колебаний - разность фаз $A=2X_{\max}$ – амплитуда результирующей волны, где $k=0; \pm 1; \pm 2; \pm 3; \dots$ (разность хода волн равна нечетному числу полуволен) Волны от источников S_1 и S_2 придут в точку C в противофазах и "погасят друг друга". - фазы колебаний - разность фаз $A=0$ – амплитуда результирующей волны.

Интерференционная картина – регулярное чередование областей повышенной и пониженной интенсивности света. Интерференция света – пространственное перераспределение энергии светового излучения при наложении двух или нескольких световых волн. Следовательно, в явлениях интерференции и дифракции света соблюдается закон сохранения энергии. В области интерференции световая энергия только перераспределяется, не превращаясь в другие виды энергии. Возрастание энергии в некоторых точках интерференционной картины относительно суммарной световой энергии компенсируется уменьшением её в других точках (суммарная световая энергия – это световая энергия двух световых пучков от независимых источников).

Светлые полосы соответствуют максимумам энергии, темные – минимумам. Дифракция волн – это огибание волнами различных препятствий.

Дифракция–явление отклонения волны от прямолинейного распространения при прохождении через малые отверстия и огибании волной малых препятствий. Условие проявления дифракции: $d < \lambda$, где d – размер препятствия, λ – длина волны. Размеры препятствий (отверстий) должны быть меньше или соизмеримы с длиной волны. Существование этого явления (дифракции) ограничивает область применения законов геометрической

оптики и является причиной предела разрешающей способности оптических приборов.

Звуковые волны.

Звук – колебательное движение частиц упругой среды, распространяющееся в виде волн (колебания плотности, давления).

Не может распространяться в вакууме! Продольная волна в жидкостях и газах!

	Инфразвук и (до 16 Гц)	Слышимые звуки (16 – 20000Гц)	Ультразвуки (более 20000 Гц)	Гиперзвуки ($10^9 - 10^{13}$ Гц)
Источник и	Шум атмосферы, леса, моря. Гром. Взрывы, орудийные выстрелы. Сейсмичес кие волны.	Колебания твердого тела (мембраны, деки, диффузоры громкоговорителей) . Колебания ограниченных объемов среды (воздух в музыкальных духовых инструментах, органах, свистках). Голосовой аппарат человека и животных.	Пьезоэлектрич еские материалы. Магнитострик ционные материалы. Некоторые животные (дельфины, летучие мыши и др.).	Тепловое движение атомов. Пьезоэлектр ические и магнитостри ционные материалы.
Примене ние	Определен ие места взрыва, выстрела. Предсказан ие цунами. Исследова ние атмосферы.	Ориентация пространстве. Общение, получение информации.	Дефектоскопия , медицина, эхолокация. Физика твердого тела. Получение эмульсий. Ускорение диффузии, некоторых химических реакций. Ориентация в пространстве у некоторых животных.	Изучение состояния вещества. Линии задержки (цветное телевидение , ЭВМ и т.п.)

Диапазоны слышимых звуков

Дети	20 лет	35 лет	50 лет
16 – 22000 Гц	16 – 20000 Гц	25 – 15000 Гц	30 – 12000 Гц

Скорость звука зависит от среды и ее состояния, как и для любой механической волны.

Скорость звука при 0°C в воздухе 331,5 м/с, в воде – 1430 м/с, в стали – 5000 м/с.

Характеристики звука.

Шум - звуки, образующие набор частот, непрерывно заполняющих некоторый интервал (сплошной спектр частот).

Высота тона зависит от частоты: чем больше частота, тем выше тон.

Музыкальные звуки с одним и тем же основным тоном различаются *тембром*, который определяется наличием обертонов - их частотами и амплитудами, характером нарастания амплитуд в начале звучания и их спадом в конце звучания.

Интенсивность звуковой волны – энергия, переносимая звуковой волной через единицу поверхности за единицу времени.

Громкость звука зависит от интенсивности звука, т. е. определяется амплитудой колебаний в звуковой волне.

Алгоритм решения задач

Внимательно прочитайте условие задачи.

Осмыслите условие задачи.

Запишите кратко данные (запись условия производится столбцом с принятыми буквенными обозначениями).

Определите, что требуется найти в задаче.

Недостающие данные взять из таблиц.

Перевести данные задачи в систему стандартных величин СИ.

Найти формулу в которой есть наибольшее количество данных, включая неизвестное.

Решить задачу в общем виде.

Произвести математические вычисления.

Проанализируйте и запишите ответ.

Решение задач

1. Колебания, имеющие частоту 0,5 кГц, распространяются в упругой среде со скоростью 350 м/с. Определите длину упругой волны.
2. Колебания, имеющие частоту 50 Гц, распространяются в упругой среде со скоростью 100 м/с. Определите наименьшее расстояние между точками среды, фазы колебаний которых противоположны.
3. Два когерентных источника колеблются в одинаковых фазах с частотой 500 Гц. Скорость распространения колебаний в упругой среде 1 км/с. Определить, при какой наименьшей, не равной нулю, разности хода будет наблюдаться максимальное усиление колебаний.
4. Два когерентных световых луча $\lambda = 800$ нм сходятся в точке. При $\Delta d = 4$ мм пятно в точке выглядит ____.
5. Два когерентных световых луча с $\lambda = 450$ нм сходятся в точке. При $\Delta d = 9$ мм пятно в точке выглядит ____.

Качественные задачи

1. Почему не могут быть поперечными упругие волны в газе?
2. При образовании волн частицы воды не перемещаются вдоль направления их распространения, а лишь участвуют в колебательном движении около некоторого среднего положения. Почему же морское волнение часто выбрасывает на берег различные плавающие в море предметы?
3. Может ли существовать в природе плоская гармоническая волна, или это физическая идеализация, лишь приближенно описывающая реальность?
4. Могут ли космонавты при выходе в открытый космос общаться между собой при помощи звуковой речи?
5. В воду погружен вибратор, мембрана которого издает музыкальные звуки. Будет ли находящийся под водой пловец воспринимать мелодию такой же, какой он слышал бы ее в воздухе?
6. Перед игрой инструменты "настраивают". В чем физическая сущность настройки скрипки, мандолины и других струнных инструментов?

Контрольные вопросы

1. Что такое волновой процесс?
2. Какую волну называют поперечной? продольной?
3. Перечислите характеристики волны.
4. Условия интерференции волны.
5. Что такое дифракция волн?

Практическое занятие № 24.

Решение задач по теме «Электромагнитные колебания и волны».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут.

Цель: научиться решать задачи по теме «Электрические колебания и волны». Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретические сведения.

Общий вид уравнения гармонического колебательного движения:

$x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$, где x - смещение тела в момент времени t от положения равновесия;

A - амплитуда; $(\omega t + \varphi_0)$ - фаза; φ_0 - начальная фаза; ω - круговая частота колебаний.

Круговая частота связана с частотой и периодом колебаний соотношением:

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

При начальной фазе $\varphi_0 = 0$ уравнение гармонического колебательного движения принимает вид

$$x = A \sin \omega t$$

Скорость распространения колебательного движения зависит от свойств среды:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu, \text{ где } \lambda - \text{длина волны, характеризующая расстояние, на которое}$$

распространяется волновой процесс при скорости v за время T .

При сложении двух когерентных волн от двух источников колебаний имеет место явление интерференции- усиления (или ослабления) амплитуды колебаний в определенных точках. Если разность хода волн в данной точке: $\Delta r = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$, где $k=0, 1, 2, \dots, n$ - целые числа, то в данной точке амплитуда колебаний максимально ослабляется ($A \rightarrow \min$).

Если разность хода волн: $\Delta r = 2k\frac{\lambda}{2}$, то в данной точке амплитуда колебаний максимально усиливается ($A \rightarrow \max$).

В колебательном контуре период T электромагнитных колебаний зависит от индуктивности L , емкости C и определяется по формуле Томпсона: $T = 2\pi\sqrt{LC}$.

Алгоритм решения задач

Внимательно прочитайте условие задачи.

Осмыслите условие задачи.

Запишите кратко данные (запись условия производится столбцом с принятыми буквенными обозначениями).

Определите, что требуется найти в задаче.

Недостающие данные возьмите из таблиц.

Переведите данные задачи в систему стандартных величин СИ.

Найдите формулу в которой есть наибольшее количество данных, включая неизвестное.

Решить задачу в общем виде.

Произведите математические вычисления.

Проанализируйте и запишите ответ.

Решение задач.

1. Разность волновых путей двух источников колебаний в данной точке равна $\Delta r = 2\text{ м}$. Скорость распространения колебаний равна $v = 320 \text{ М/с}$, а частота колебаний $\nu = 250 \text{ Гц}$.

Усиливаются или ослабляются колебания в данной точке?

2. Найти частоту собственных электрических колебаний в контуре, состоящем из катушки индуктивностью 3 мГн и конденсатора емкостью 3 мкФ.
3. Дано уравнение гармонических колебаний: $x=0,2\sin(6,28t)$. Определите амплитуду и период колебаний.
4. Первый раскат грома дошел до наблюдателя через 8 с после того, как была замечена вспышка молнии. На каком расстоянии от наблюдателя возникла молния?
5. Определите индуктивность катушки колебательного контура, если известно, что при емкости 250 пФ контур настроен в резонанс на электромагнитные колебания длиной волны 300 м.
6. Сравните длину электромагнитной волны в данной среде с длиной волны в вакууме, если электромагнитные колебания $1 \cdot 10^6$ Гц возбуждают в некоторой однородной среде электромагнитные волны длиной 200 м.
7. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 0,001 мкФ и катушки индуктивностью 0,0001 Гн. Каковы период и частота электромагнитных колебаний в контуре.
8. В каком диапазоне длин волн может работать приемник, если емкость конденсатора в его колебательном контуре плавно изменяется от 50 до 500 пФ, а индуктивность катушки постоянна и равна 20 мкГн?
9. Чему равен период собственных колебаний в контуре, если его индуктивность равна 2,5 мГн и ёмкость 1,5 мкФ?
10. Колебательный контур содержит конденсатор электроёмкостью 0,1 мкФ. Какую индуктивность надо ввести в контур, чтобы получить электрические колебания частотой 10 КГц?
11. Какую индуктивность надо включить в колебательный контур, чтобы при электроёмкости 2 мкФ получить колебания с периодом 10^{-3} с?
12. конденсатор какой ёмкости надо включить в колебательный контур, чтобы при индуктивности катушки, равной 5,1 мкГн, получить колебания с частотой 10 МГц?

13. Конденсатор ёмкостью 250 мкФ включается в цепь переменного тока. Определите его сопротивление при частотах 50 Гц, 200 Гц и 400 Гц.

14. Конденсатор включен в сеть переменного тока стандартной частоты. Напряжение сети 220В. Какова ёмкость конденсатора, если сила тока в цепи равна 2,5 А.

15. Катушка индуктивностью 35 мГн включается в сеть переменного тока. Определите сопротивление катушки при частотах 60 Гц, 240 Гц и 480 Гц.

16. Найдите индуктивность катушки, если амплитуда переменного напряжения на ее концах 160В, амплитуда тока в ней 10 А и частота тока 50 Гц. Активным сопротивлением катушки пренебречь.

17. Чему равна длина волн, посылаемых радиостанцией, работающей на частоте 1400 кГц?

18. Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью 0,4 мкФ и катушки индуктивностью 1 мГн. Определите длину волны, испускаемой этим контуром.

19. Определите ёмкость контура, индуктивность которого равна 1 мкГн, если он испускает электромагнитные волны длиной 50 м.

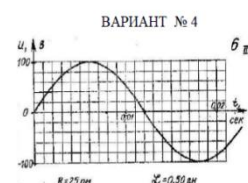
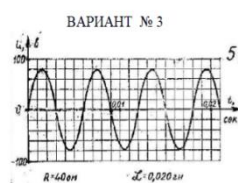
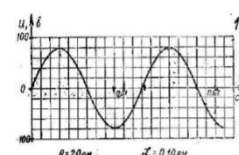
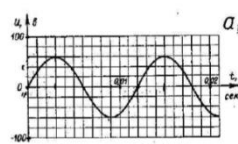
20. Задание:

1. По графику изменения напряжения переменного тока определить:

- 1) период изменения напряжения;
- 2) максимальное значение напряжения;
- 3) начальную фазу.

2. Вычислите:

- 1) частоту колебания (частоту изменения напряжения);
- 2) циклическую частоту;
- 3) индуктивное сопротивление;
- 4) емкостное сопротивление;
- 5) действующее значение напряжения;
- 6) максимальное значение силы переменного тока;



7)действующее значение силы переменного тока.

3.Написать уравнение изменения напряжения.

Контрольные вопросы

- 1.В чем заключается принцип радиолокации?
- 2.Что такое колебательный контур?
- 3.От чего зависит скорость распространения электромагнитной волны?
- 4.От чего зависит период свободных колебаний в контуре?
- 5.Что является источником электромагнитных волн?
- 6.Что является излучателем электромагнитных волн?
- 7.Какова скорость распространения электромагнитных волн в воздухе?
- 8.Перечислите основные свойства электромагнитных волн.

Практическое занятие № 25. Решение задач по теме «Трансформаторы».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут.

Цель: научиться решать задачи по теме«Трансформаторы».Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретические сведения.

Трансформатор (от лат. *transformare* — «превращать, преобразовывать») — статическое электромагнитное устройство, имеющее две или более индуктивно связанные обмотки на каком-либо магнитопроводе и предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем (напряжений)переменного тока в одну или несколько других систем (напряжений), без изменения частоты.

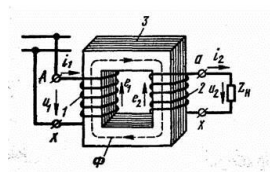
Трансформатор осуществляет преобразование переменного напряжения и/или гальваническую развязку в самых различных областях применения — электроэнергетике, электронике и радиотехнике.

Электромагнитная схема однофазного двухобмоточного трансформатора состоит из двух обмоток размещенных на замкнутоммагнитопроводе,

который выполнен из ферромагнитного материала. Первичную обмотку 1 подключают к источнику переменного тока – электрической сети с напряжением сети u_1 . К вторичной обмотке 2 присоединяют сопротивление нагрузки Z_n .

Обмотку более высокого напряжения называют обмоткой высшего напряжения (ВН), а низкого напряжения – обмоткой низшего напряжения (НН). Начала и концы обмотки ВН обозначают буквами А и Х; обмотки НН – буквами а и х.

При подключении к сети в первичной обмотке возникает переменный ток i_1 , который создаёт переменный магнитный поток Φ , замыкающийся по магнитопроводу. Поток Φ индуцирует в обеих обмотках переменные ЭДС – e_1 и e_2 пропорциональные, согласно закону Максвелла, числам витков w_1 и w_2 соответствующей обмотки и скорости изменения потока $d\Phi/dt$.



Таким образом, мгновенные значения ЭДС, индуцированные в каждой обмотке.

$$e_1 = -w_1 \frac{d\Phi}{dt}; \quad e_2 = -w_2 \frac{d\Phi}{dt}.$$

Следовательно, отношение мгновенных и действующих ЭДС в обмотках определяется выражением

$$E_1 / E_2 = e_1 / e_2 = w_1 / w_2.$$

Если пренебречь падениями напряжения в обмотках трансформатора, которые обычно не превышают 3-5 % от номинальных значений U_1 и U_2 , и считать $E_1 \approx U_1$ и $E_2 \approx U_2$, то получим

$$U_1 / U_2 \approx w_1 / w_2.$$

Отношение ЭДС $E_{вн}$ обмотки высшего напряжения к ЭДС $E_{нн}$ обмотки низшего напряжения (или отношение их чисел витков) называют коэффициентом трансформации

$$n = \frac{E_{\text{ВН}}}{E_{\text{НН}}} = \frac{W_{\text{ВН}}}{W_{\text{НН}}}$$

Если коэффициент n больше единицы, то трансформатор – понижающий, если меньше единицы – трансформатор - повышающий.

Важным свойством трансформатора, используемым в устройствах автоматики и радиоэлектроники, является способность его преобразовывать сопротивление нагрузки. Если к источнику переменного тока подключить нагрузку с сопротивлением R через трансформатор с коэффициентом трансформации n , то для цепи источника

$$R' = \frac{P_1}{I_1^2} \approx \frac{P_2}{I_1^2} \approx \frac{I_2^2 R}{I_1^2} \approx n^2 R,$$

где: P_1 – мощность, потребляемая трансформатором от источника переменного тока, Вт;

$P_2 = I_2^2 R \approx P_1$ – мощность, потребляемая нагрузкой с сопротивлением R от трансформатора.

Решение задач

1. Что произойдет, если трансформатор, рассчитанный на напряжение первичной цепи 127 В, включить в сеть постоянного напряжения 110В?
2. Понижающий трансформатор со 110 витками во вторичной обмотке понижает напряжение от 22 000 В до 110 В. Сколько витков в его первичной обмотке?
3. Первичная обмотка повышающего трансформатора содержит 100 витков, а вторичная – 1000. Напряжение в первичной цепи 120В. Каково напряжение во вторичной цепи, если потерь энергии нет?
4. На первичную обмотку понижающего трансформатора с коэффициентом трансформации 10 подается напряжение 220 В. при этом во вторичной обмотке, сопротивление которой 2 Ом, течет ток 4 А. Пренебрегая потерями в первичной обмотке, определите напряжение на выходе трансформатора.
5. Повышающий трансформатор создает во вторичной цепи ток 2 А при напряжении 2200В. Напряжение в первичной обмотке равно 110 В. Чему

равен ток в первичной обмотке, а также входная и выходная мощности трансформатора, если потерь энергии в нем нет?

6. Понижающий трансформатор дает ток 20 А при напряжении 120 В. Первичное напряжение равно 22000 В. Чему равны ток в первичной обмотке, а также входная и выходная мощности трансформатора, если его КПД равен 90%?

7. Трансформатор повышает напряжение с 220 В до 660 В и содержит в первичной 850 витков. Определите коэффициент трансформации, число витков во вторичной обмотке. В какой обмотке сила тока больше?

8. Двухпроводная линия длиной 800 м от понижающего трансформатора выполнена медным проводом сечением 20 мм^2 . Приемники потребляют 2,58 кВт при напряжении 215 В. определите напряжение на зажимах трансформатора и потерю мощности в проводах линии.

9. Сколько витков должна иметь первичная катушка трансформатора, чтобы повысить напряжение от 10 до 50 В, если во вторичной обмотке 80 витков?

10. Трансформатор, содержащий в первичной обмотке 300 витков, включен в сеть напряжением 220 В. Во вторичную цепь трансформатора, имеющую 165 витков включен резистор сопротивлением 50 Ом. Найдите силу тока во вторичной цепи, если падение напряжения на ней равно 50 В.

11. Чему равны ток в первичной обмотке, а также входная и выходная мощности трансформатора, если его КПД равен 90%.

Контрольные вопросы

- 1 На чем основан принцип работы трансформатора?
- 2 Что такое коэффициент трансформации?
- 3 Каким бывает коэффициент трансформации?
- 4 Можно ли подключить трансформатор к сети постоянного напряжения?
- 5 Почему трансформатор гудит?
- 6 Почему сердечник называют магнитопроводом?
- 7 Можно ли сердечник сделать из меди?

- 8 Как найти КПД трансформатора? Каких наибольших значений он достигает?
- 9 Какие потери энергии могут быть в трансформаторе?
- 10 Как избежать потерь энергии в трансформаторе?

Практическое занятие № 26.
«Расчёт потребления электрической энергии».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут.

Цель: научиться пользоваться паспортом электрического прибора, определять с его помощью мощность бытовых электроприборов и вычислять затраченную им электроэнергию и ее стоимость.

Методические указания:

Теоретические сведения.

Для измерения расхода электроэнергии за определенное время надо из текущих показаний счётчика вычесть предыдущие показания. Если последняя цифра справа отделена запятой, то она показывает десятые доли киловатт-часа и при списывании не учитывается. Десятые доли киловатт-часа — показания после запятой или показания в красном окошке после запятой не считаются.

Если последняя цифра справа не отделена от других запятой и не имеет другого цвета, она показывает целые киловатт-часы.

Если текущие показания пятизначного счетчика – 47520, предыдущие показания – 42450, то расход электроэнергии будет равен: $47520 - 42450 = 5070$ киловатт-часов.

Если текущие показания пятизначного счетчика — 00045, предыдущие показания — 99540, то расход электроэнергии будет равен: $100045 - 99540 = 505$ киловатт-часов.

Приборы и материалы: технические паспорта приборов, различные электробытовые приборы.

1.1 Задания

1. Найдите в технических паспортах или на корпусе прибора мощность предложенных вам электрических приборов.
2. Определите работу, совершенную током в этих приборах за указанное время, за сутки и за месяц (30 дней).
3. Рассчитайте стоимость затраченной электроэнергии за месяц по формуле:

$$C = A \cdot \text{Тариф.}$$

4. Полученные данные занесите в таблицу.

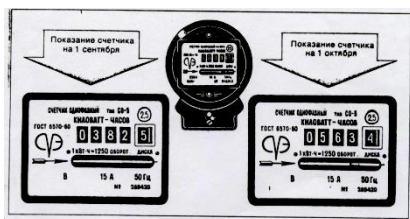
2 Мощность, работа и стоимость затраченной энергии

Электроприбор	Мощность, Вт, кВт	Время работы в сутки, ч	Работа тока за сутки, кВт*ч	Работа тока за 30 суток, кВт*ч	Тариф, руб	Стоимость, руб
Лампа	60Вт=0,06кВт	5	0,06*5=0,3	0,3*30=9	4	36
Пароварка		2			4	
СВЧ-печь		1			4	
Стир. машина		2			4	
Эл. чайник		0,5			4	
Фен		0,5			4	
Электродуховка		1			4	
Итого						

Суммируя расход электроприемников применяем формулу $W = P \cdot t \cdot T$, где:

W – расход электроэнергии (кВт, мощность) t – время работы бытового прибора в день в часах. T – количество суток электроприемника.

На рисунке приведены показания счетчиков электрической энергии за 30 дней.



Стоимость 1 кВт-ч электроэнергии 1,32 руб/(кВт-ч)

Средняя заработная плата 2189 руб в месяц.

Задание

1. Рассчитайте работу электрического тока.
2. Рассчитайте стоимость электрической энергии.
3. Рассчитайте, какая часть заработной платы идет на оплату электроэнергии.

Практическая работа № 27.

Решение задач на законы отражения и преломления света.

Время на подготовку и выполнение: 90 минут

Цель: научиться решать задачи на законы отражения и преломления света, правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

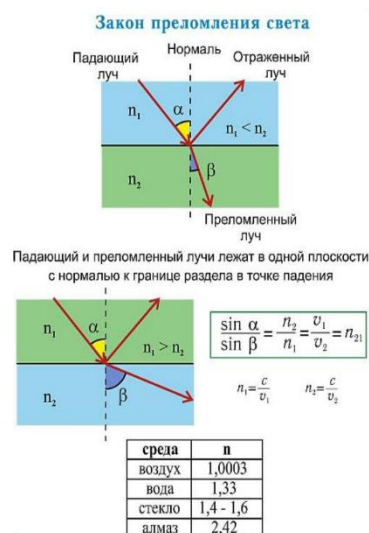
Методические указания:

Теоретические сведения.

Законы отражения света: 1. Луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр, восстановленный в точку падения, лежат в одной плоскости; 2. Угол падения равен углу отражения.

Если лучи, падающие на границу раздела двух сред параллельным пучком, после отражений остаются параллельным пучком, после отражений остаются параллельными, то такое отражение называется зеркальным, а сама поверхность – плоским зеркалом.

Закон преломления света: 1. Луч падающий, луч, преломленный и перпендикуляр, восстановленный в точку падения, лежат в одной плоскости; 2. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для двух данных сред, называемая относительным показателем преломления. $\sin\alpha/\sin\beta=n=n_2/n_1=v_1/v_2$, n – относительный показатель преломления; n_1 и n_2 – абсолютные показатели преломления первой и второй сред соответственно.



Абсолютный показатель преломления данной среды показывает степень отличия величины скорости света в данной среде по сравнению с вакуумом:

$$n_1 = c/v_1.$$

Алгоритм решения задач

1. Понять предложенную задачу (увидеть физическую модель).
2. Анализ (построить математическую модель явления):
 1. Установить переходит ли луч из оптически менее плотной среды в более плотную или наоборот.
 2. Сделать чертеж, где указать ход лучей, идущих из одной среды в другую.
 3. В точке падения луча на границу раздела сред провести нормаль и отметить углы падения и преломления.
 4. Записать формулу закона преломления для каждого перехода луча из одной среды в другую.
 5. Составить вспомогательные уравнения, связывающие углы и расстояния, используемые в задаче.
3. Полученную систему уравнений решить относительно искомой величины.
4. Решение проверить и оценить критически.

Решение задач.

1. Определить абсолютный показатель преломления слюды, если при угле падения светового пучка 54° угол преломления 30°
2. Под каким углом должен падать луч на плоское зеркало, чтобы угол между отраженным лучом и падающим был равен 50° ?
3. Каким должен быть угол падения светового луча, чтобы отраженный луч составлял с падающим лучом угол 60° . Ответ обосновать.
4. Скорость распространения света в алмазе $1,2 \cdot 10^8$ м/с. Определить показатель преломления алмаза. Скорость света в вакууме $3 \cdot 10^8$ м/с.

5. Первый в мире искусственный спутник Земли, запущенный в Советском Союзе 4 октября 1957 г., имел на борту две радиостанции, излучающие радиоволны 15 и 7,5 м. Вычислите частоты электромагнитных колебаний, генерируемых этими станциями.
6. Частота монохроматического излучения $6 \cdot 10^{14} \text{с}^{-1}$. Определить длину волны данного излучения.
7. Длина волны красной линии водорода в вакууме равна 656,3 нм. Какова длина этой волны в стекле, если показатель преломления стекла равен 1,6?
8. Параллельный пучок света падает на плоскопараллельную стеклянную пластинку под углом α , синус которого равен 0,8. Вышедший из пластинки пучок смещен относительно продолжения падающего пучка на расстояние 2 см. Какова толщина пластинки, если показатель преломления стекла равен 1,7?
9. Предмет находится на расстоянии 2 м от линзы с оптической силой – 1,5 дптр. На каком расстоянии от линзы находится оптическое изображение предмета и каково линейное увеличение линзы?
10. Под каким углом должен падать луч на поверхность стекла, чтобы угол преломления был в 2 раза меньше угла падения?
11. Крайнему красному лучу ($\lambda = 0,76 \text{ мкм}$) соответствует частота ___ Гц.
12. Крайнему фиолетовому лучу ($\lambda = 0,4 \text{ мкм}$) соответствует частота ___ Гц.
13. Оранжевому лучу ($\lambda = 0,6 \text{ мкм}$) соответствует частота _____ Гц.
14. Расстояние между предметом и его изображением 72 см. Увеличение линзы равно 3. Найти фокусное расстояние линзы.
15. На дне ручья лежит камешек. Мальчик хотел толкнуть его палкой. Прицеливаясь, мальчик держит палку под углом 45° . На каком расстоянии от камешка воткнется палка в дно ручья, если глубина ручья 50 см?
16. Предмет высотой 30 см расположен вертикально на расстоянии 80 см от линзы с оптической силой – 5 дптр. Определить положение изображения и его высоту.

17. Луч, отражённый от поверхности стекла с показателем преломления 1,7 образует с преломлённым лучом прямой угол. Определить угол падения и угол преломления.

Практическая работа № 28.

Решение задач по теме «Дифракционная решетка», «Показатель преломления веществ», «Излучение различных диапазонов».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут

Цель: научиться решать задачи по теме «Дифракционная решетка», «Показатель преломления веществ», «Излучение различных диапазонов». Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретические сведения.

Дифракционная решетка – оптический прибор, представляющий собой периодическую структуру из большого числа регулярно расположенных элементов, на которых происходит дифракция света. Штрихи с определенным и постоянным для данной дифракционной решетки профилем повторяются через одинаковый промежуток d (период решетки). Способность дифракционной решетки раскладывать падающий на нее пучок света по длинам волн является ее основным свойством. Различают отражательные и прозрачные дифракционные решетки. В современных приборах применяют в основном отражательные дифракционные решетки. Условие наблюдения дифракционного максимума:

Алгоритм решения задач

Внимательно прочитайте условие задачи.

Осмыслите условие задачи.

Запишите кратко данные (запись условия производится столбцом с принятыми буквенными обозначениями).

Определите, что требуется найти в задаче.

Недостающие данные взять из таблиц.

Перевести данные задачи в систему стандартных величин СИ.

Найти формулу в которой есть наибольшее количество данных, включая неизвестное.

Решить задачу в общем виде.

Произвести математические вычисления.

Проанализируйте и запишите ответ.

Решение задач

1. На дифракционную решетку с периодом $2 \cdot 10^{-6}$ м нормально падает монохроматическая волна света, при $k = 4$ и $\sin \varphi = 1$ длина волны будет равна ___ м.
2. В школьном кабинете физики имеются дифракционные решетки, имеющие 50 и 100 штрихов на 1 мм. Какая из них даст на экране более широкий спектр при прочих равных условиях?
3. Дифракционная решетка, постоянная которой равна 0,004 мм, освещается светом с длиной волны 687 нм. Под каким углом к решетке нужно проводить наблюдение, чтобы видеть изображение спектра второго порядка?
4. Определите постоянную дифракционной решетки, если при ее освещении светом с длиной волны 656 нм второй спектр виден под углом 15° .
5. Найдите наибольший порядок спектра для желтой линии натрия, длина волны которой 589 нм, если постоянная дифракционной решетки равна 2 мкм.

Качественные задачи

1. Стекло непрозрачно для инфракрасного излучения. Почему же солнечные лучи, пройдя сквозь оконное стекло, греют?
2. На железных дорогах встречаются вагоны, окрашенные в белый цвет. Каково их назначение?
3. Почему окрашенные изделия сушить лучше не в печах, а в инфракрасных сушилках?

4. Осенью и весной в садах белят известкой стволы, а иногда и ветви деревьев. Для чего так делают?
5. Инфракрасное облучение зерна уничтожает жучков – вредителей. Почему жучки погибают, зерно нет?
6. В электронном луче телевизионной трубки электроны, достигнув экрана, внезапно останавливаются. Не может ли при этом возникнуть рентгеновское излучение?
7. Что даёт более густую тень на экране рентгеновской установки: алюминий или медь?
8. Для чего врачи-рентгенологи при работе пользуются перчатками, фартуками и очками в которые введены соли свинца?
9. Для проверки качества электросварки делают рентгеновский снимок сварочного шва. Какие дефекты и как могут быть обнаружены на снимке?
10. Какое излучение используется при лечении злокачественных опухолей?
11. Какое излучение обладает бактерицидным действием?
12. Какое излучение используется в медицине для светолечения?
13. Какое излучение используется для охраны ценных экспонатов в музеях?
14. У какого излучения длина волны меньше, чем у ультрафиолетового света?
15. Какое излучение не проходит сквозь воду?
16. Почему сигналы опасности подаются красным светом в то время, как глаз наиболее чувствителен к желто-зелёному?
17. Если в театре встать за колонной, то артиста не видно, а голос его слышен. Почему?
18. Почему для наблюдения спектра лучше использовать узкую щель, а не круглое отверстие?
19. Почему в вакууме скорости лучей разного цвета одинаковы?
20. Металлическая пластина под действием рентгеновских лучей разрядилась. Каков знак заряда пластины?

Практическая работа № 29.
Решение задач по теме «Уравнение фотоэффекта».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут

Цель: научиться решать задачи по теме «Уравнение фотоэффекта». Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретические сведения.

В квантовой физике свет рассматривается как поток частиц – квантов или фотонов.

Энергия фотона: $E=h\nu$, ν – частота света $\nu=c/\lambda$,

$$h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} = 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ эВ} \cdot \text{с}$$

Импульс фотона: $p=mc=h\nu/c=h/\lambda=E/c$

$$m=E/c^2 = h\nu/c^2 = h/\lambda c$$

Внешний фотоэлектрический эффект – вырывание электронов с поверхностей металлов под действием света.

Уравнение Эйнштейна: $h\nu=A_{\text{вых}}+E_{\text{к}}$

Фотоэффект наблюдается лишь тогда, когда частота света больше минимального, зависящего от природы вещества, значение ν_{min} – предельной частоты, называемой красной границей фотоэффекта.

При этом для вырывания электрона из металла энергия кванта должна быть больше или равна работе выхода, т. е. $h\nu \geq A_{\text{вых}}$

$$\nu_{\text{min}} = A_{\text{вых}}/h$$

Если частота света $\nu < \nu_{\text{min}}$ (или $\lambda > \lambda_{\text{max}}$), то фотоэффект не наблюдается.

Задерживающая (запирающая) разность потенциалов – та разность потенциалов, при которой прекращается фототок: $eU_{\text{зад}}=E_{\text{к}}$.

Алгоритм решения задач

Внимательно прочитайте условие задачи.

Осмыслите условие задачи.

Запишите кратко данные (запись условия производится столбцом с принятыми буквенными обозначениями).

Определите, что требуется найти в задаче.

Недостающие данные возьмите из таблиц.

Переведите данные задачи в систему стандартных величин СИ.

Найдите формулу в которой есть наибольшее количество данных, включая неизвестное.

Решить задачу в общем виде.

Произведите математические вычисления.

Проанализируйте и запишите ответ.

Решение задач

1. Какой длины волны свет надо направить на поверхность цезия, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была равна 2 Мм/с?
2. Какова максимальная скорость фотоэлектронов, если фототок прекращается при запирающем напряжении 0,8 В?
3. Какое запирающее напряжение надо подать на вакуумный фотоэлемент, чтобы электроны, вырванные ультрафиолетовым светом с длиной волны 100 нм из вольфрамового катода, не могли создать ток в цепи?
4. Определить энергию фотонов, соответствующих наиболее длинным ($\lambda = 760$ нм) и наиболее коротким ($\lambda = 380$ нм) волнам видимой части спектра.
5. Определить длину волны излучения, фотоны которого имеют такую же энергию, что и электрон, ускоренный напряжением 4 В?
6. Источник света мощностью 100 Вт испускает $5 \cdot 10^{20}$ фотонов за 1 с. Найти среднюю длину волны излучения.
7. Перпендикулярно поверхности площадью 4 м^2 падает $7,74 \cdot 10^{22}$ фотонов излучения с длиной волны 0,64 мкм за 10 с. Определить световое давление на зеркальную поверхность, черную поверхность и поверхность с коэффициентом отражения 0,4.
8. Рентгеновская трубка, работающая под напряжением 50 кВ при силе тока 2 мА, излучает $5 \cdot 10^{13}$ фотонов в секунду. Среднюю длину волны излучения равной 0,1 нм,

найти КПД трубки, т.е. определить, сколько процентов составляет мощность рентгеновского излучения от мощности потребляемого тока.

9. Под каким напряжением работает рентгеновская трубка, если самые «жесткие» лучи в рентгеновском спектре этой трубки имеют частоту 10^{19} Гц?

10. Какова наибольшая длина волны света, при которой еще наблюдается фотоэффект. Если работа выхода из металла $3,3 \cdot 10^{-19}$ Дж

11. Энергия фотона равна $6,4 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите частоту колебаний для этого излучения и массу фотона.

12. Какова максимальная скорость электронов, вырванных с поверхности платины при облучении ее светом с длиной волны 100 нм? Работа выхода электронов из платины равна 5,3 эВ.

13. Фотоэффект у данного металла начинается при частоте света $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Найдите частоту излучения, падающего на поверхность металла, если вылетающие с поверхности электроны полностью задерживаются разностью потенциалов 3 В.

Контрольные вопросы

1. Объясните с точки зрения квантовой природы излучения безынерциальность фотоэффекта.

2. В чем состоит различие между внешним и внутренним фотоэффектом?

3. Опыт показывает, что красная граница фотоэффекта при больших интенсивностях может исчезать. Это означает, что максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов зависит не только от частоты, но и от потока света. Объясните опытный факт.

4. Что такое элементарные частицы? Кем и когда они были открыты? Каково их происхождение?

5. Какие элементарные частицы называются стабильными? Назовите стабильные частицы.

6. Что понимается под веществом и антивеществом?

7. В чем заключается фундаментальное свойство элементарных частиц.

8. Имеет ли квант как частица, обладающая массой импульсом кинетическую энергию?
9. Фотон поглощается веществом. Что происходит с массой фотона?
10. Почему не заносят в таблицу массу фотона подобно тому, как это делают с массами других элементарных частиц?
11. Может ли фотон при каких-либо условиях замедлить свое движение в однородной среде (вакууме) или остановиться?
12. Одни явления, которые можно объяснить только волновой теорией света, другие - только корпускулярной теорией. Существуют ли явления, которые можно объяснить с точки зрения обеих теорий?

Практическая работа № 30.
Решение задач по теме «Физика атома».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут

Цель: научиться решать задачи по теме «Физика атома». Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретические сведения.

Атом любого элемента состоит из положительного ядра, вокруг которого вращаются электроны.

Суммарный заряд всех электронов, входящих в состав атома, равен заряду ядра, т.е. $Q = \sum e$, где $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд электрона.

Первый постулат Бора: в стационарном состоянии атом не излучает; движение электрона вокруг ядра возможно только по определенным орбитам, радиусы r_n которых удовлетворяют соотношению $m_e v_n r_n = nh/2\pi$

Второй постулат Бора: Испускание (поглощение) света происходит при переходе атома из одного стационарного состояния в другое. Энергия фотона равна разности энергий стационарных состояний. $h\nu = E_1 - E_2$, где ν - частота

излучения, E_1 и E_2 - значение энергии электрона на соответствующих орбитах.

Энергия электрона на n -той стационарной орбите в атоме водорода:

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \frac{m_e e^4}{8 \varepsilon_0^2 h^2}$$

где $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ - электрическая постоянная, $n=1, 2, 3, \dots$ - номер орбиты.

Ядро состоит из $+$ заряженных протонов и не имеющих электрического заряда нейтронов

$$A=Z+N$$

Дефектом массы ядра называется разность между суммой масс покоя нуклонов и масс покоя ядра:

$$\Delta m = Z \cdot m_p + (A-Z) m_n - M_{\text{я}}$$

$$\text{Масса протона} = 1,00728 \text{ а.е.м.} = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$\text{Масса нейтрона} = 1,00866 \text{ а.е.м.} = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$\text{Масса электрона} = 5,486 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.} = 9,1095 \cdot 10^{-31}$$

$$\text{а.е.м.} = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$\text{Энергия связи: } E_{\text{св}} = \Delta m \cdot c^2$$

Решение задач.

1. При облучении атом водорода перешел из первого энергетического состояния в третье. При возвращении в исходное состояние он сначала перешел из третьего во второе, а затем из второго в первое. Сравнить энергии фотонов поглощенных и излученных атомом.

2. При переходе атома водорода из четвертого энергетического состояния во второе излучаются фотоны с энергией 2,55 эВ (зеленая линия водородного спектра). Определить длину волны этой линии спектра.

3. При облучении паров ртути электронами энергия атома ртути увеличивается на 4,9 эВ. Какова длина волны излучения, которое испускают атомы ртути при переходе в невозбужденное состояние?

4. Для ионизации атома азота необходима энергия 14,53 эВ. Найти длину волны излучения, которое вызовет ионизацию.
5. Для однократной ионизации атомов неона требуется энергия 21,6 эВ, для двукратной-41 эВ, трехкратной-64 эВ. Какую степень ионизации можно получить, облучая неон рентгеновскими лучами, наименьшая длина волны которых 25 нм?
6. Во сколько раз изменится энергия атома водорода при переходе атома из первого энергетического состояния в третье? При переходе из четвертого энергетического состояния во второе?
7. Найти длину волны в ультрафиолетовом спектре водорода.
8. Какой длины волны надо направить свет на водород, чтобы ионизировать атомы?
9. Лазер, работающий в импульсном режиме, потребляет мощность 1 кВт. Длительность одного импульса 5 мкс, а число импульсов в 1 с равно 200. Найти излучаемую энергию и мощность одного импульса, если на излучение идет 0,1% потребляемой мощности. 1. Определить энергию, испускаемую при переходе электрона в атоме водорода с пятой орбиты на вторую.
10. При испускании атомом водорода фотона энергия атома изменилась на 3,31 эВ. Найти длину волны испускаемого света.
11. Определить длину волны, соответствующую четвертой спектральной линии видимой области спектра атома водорода.
12. Определите энергию, испускаемую при переходе атома водорода с третьей орбиты на первую.
13. Насколько изменилась энергия электрона в атоме водорода при испускании атомом фотона с длиной волны $2,43 \cdot 10^{-7}$ м?
14. При переходе электрона в атоме водорода с одного стационарного уровня на другой испущен квант света с длиной волны $6,56 \cdot 10^{-7}$ м. Определите, как изменилась энергия электрона в атоме под действием этого излучения.
15. Наименьший радиус орбиты электрона в атоме водорода, когда он находится в нормальном состоянии, равен $0,528 \cdot 10^{-10}$ м. Определите

радиус орбиты электрона и его линейную скорость, когда атом водорода находится на третьем энергетическом уровне.

16. Энергия атома водорода в нормальном состоянии равна $-13,53$ эВ. Определите энергию кванта и длину волны излучения, поглощенного атомом водорода, если при этом электрон перешел с первого на третий энергетический уровень.

17. Какую минимальную энергию необходимо сообщить атому водорода, находящемуся в нормальном состоянии, чтобы поглотив ее, он ионизировался? Энергия атома водорода в нормальном состоянии равна $-13,53$ эВ.

18. Вычислить дефект массы и энергию связи ядра ${}^{14}_7\text{N}$.

19. Масса нейтрона равна $2,01356$ а.е.м. Найти энергию связи.

Контрольные вопросы

1. Что называется массовым числом?
2. Как определяют дефект массы и энергию связи ядра?
3. Что такое ядерная реакция?

Практическая работа № 31.

Решение задач по теме по теме

«Радиоактивные превращения.

Закон радиоактивного распада», «Состав атомного ядра.

Энергетический выход реакции», «Физика атомного ядра».

Время на подготовку и выполнение: 90 минут

Цель: научиться решать задачи по теме «Радиоактивные превращения. Закон радиоактивного распада», «Состав атомного ядра. Энергетический выход реакции», «Физика атомного ядра». Правильно оформлять решение задач, правильно давать ответ, в нужных единицах измерения.

Методические указания:

Теоретические сведения.

Радиоактивность - самопроизвольное превращение одних ядер в другие, сопровождаемое испусканием различных частиц

α -распад: ядро атома гелия ${}^4_2\text{He}$

β -распад: электрон ${}^0_{-1}e$

При радиоактивном распаде число радиоактивных атомов убывает со временем по закону: $N=N_0 2^{-t/T}$, N_0 – число радиоактивных атомов в начальный момент времени, N – их число по истечении времени t , T – период полураспада элемента (время, в течение которого распадается половина начального числа радиоактивных атомов, способных к распаду)

Решение задач.

1. Через какое время распадется 60% радиоактивного полония, если период полураспада 138 сут?
2. Определите возраст древних деревянных предметов, если известно, что количество нераспавшихся атомов радиоактивного углерода в них составляет 80% количества атомов этого углерода в свежесрубленном дереве. Период полураспада углерода 5570 лет.
3. Определите период полураспада радиоактивного стронция, если за 1 год на каждую тысячу атомов распадается в среднем 24,75 атома.
4. Имеется 4 г радиоактивного кобальта. Сколько граммов кобальта распадается за 216 сут, если период полураспада 72 сут?
5. Масса радиоактивного серебра уменьшилась в 8 раз за 810 сут. Определите период полураспада радиоактивного серебра.
6. Имеется 8 кг радиоактивного цезия. Определите массу нераспавшегося цезия после 135 лет радиоактивного распада, если период полураспада 27 лет.
7. Два радиоактивных элемента имеют периоды полураспада 10^{-3} с (радий) и 28 лет (стронций). Какой из них дает более интенсивное излучение?
8. Атомная масса хлора 35,5. Хлор имеет два изотопа ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ и ${}^{35}_{17}\text{Cl}$. Сравните их процентное содержание.
9. Сколько процентов радиоактивного вещества останется через четыре периода полураспада?

10. Сколько атомов в куске урана ${}^{235}_{92}\text{U}$ массой 1 кг распадается за 1 с?
Период полураспада $T=7 \cdot 10^8$ лет.

Контрольные вопросы

1. Перспективы развития атомной энергетики.
2. Биологическое воздействие радиоактивного излучения на живой организм.
3. Какую ядерную реакцию называют цепной.

2.2 Оценка выполнения практической работы

Отметка 5 – «отлично» выставляется, если студент имеет глубокие знания учебного материала по теме практической работы, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий, используемых в работе, самостоятельно выполнил все указания по выполнению практической работе, смог ответить на контрольные вопросы, даёт правильный алгоритм решения задачи.

Отметка 4 – «хорошо» выставляется, если студент показал знание учебного материала, допускает небольшие неточности при выполнении экспериментальных заданий и расчетов, смог ответить почти полно на все контрольные вопросы.

Отметка 3 – «удовлетворительно» выставляется, если студент в целом освоил материал практической работы, но затрудняется с выполнением всех заданий практической работы без помощи преподавателя, ответил не на все контрольные вопросы.

Отметка 2 – «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала

практической работы, не может самостоятельно выполнить задания практической работы, не раскрыл содержание контрольных вопросов.

Критерии взаимно и само оценивания

Прежде чем приступить к самостоятельному решению задач, необходимо ознакомиться с критериями оценивания.

<i>0- не верно выполнено</i>	<i>«5» - 45-50 баллов</i>
<i>1- имеются ошибки</i>	<i>«4» - 39-44 балл</i>
<i>2- выполнено верно</i>	<i>«3» - 35-38 балла</i>
	<i>«2» - менее 35 баллов</i>

Наименование оцениваемого параметра	Номер задания					
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>Итого</i>
Правильное оформление физической задачи						
Правильно записанные и переведенные единицы измерений в СИ						
В решении: правильно записанная формула						
За правильный математический расчет						
Оценка конечного результата						
ИТОГО						

Грубыми считаются следующие ошибки:

- незнание определения основных понятий, законов, правил, основных положений теории, незнание формул, общепринятых символов обозначений физических величин, единиц их измерения;
- незнание наименований единиц измерения,
- неумение выделить в ответе главное,
- неумение применять знания для решения задач и объяснения физических явлений, неумение делать выводы и обобщения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пурышева, Н.С. Физика. 10 кл. Базовый уровень : учебник / Н.С. Пурышева, Н.Е. Важеевская, Д.А. Исаев ; под ред. Н.С. Пурышевой. - 7-е изд., пересмотр. - М : Дрофа, 2019.. – 271,[1] с. : ил. – (Российский учебник).
2. Физика.. Базовый уровень, 11 кл.: учебник / Н.С. Пурышева, Н.Е. Важеевская, Д.А. Исаев, В.М. Чаругин. - 6-е изд., пересмотр. - М : Дрофа, 2019. - 303[1] с. : ил. – (Российский учебник).
3. Электронный ресурс <http://znanium.com>

Дополнительные источники

1. Дмитриева В.Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля:
Учебник для образовательных учреждений начального и среднего профессионального образования/ В.Ф.Дмитриеваю-4-е издю, стер – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 448с.
2. Пинский А.А. Физика: Учебник для 10 кл. – М., 2001.

3. Пинский А.А. Физика и астрономия: Учебник для 10 кл. – М., 2001.
4. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б, Физика: Учебник для 10 кл. – М., 2005.
5. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б, Физика: Учебник для 11 кл. – М., 2005.
6. Рымкевич А.П. Задачи по физике: учеб.пособие. – М., 2003.
7. Ряболобов Г.И., Дадашева Н.Р. Сборник дидактических заданий по физике: учебное пособие. – М., 1990.
8. Касьянов В.А. Физика. 10 кл.: Учебник для общеобразовательных учебных заведений. – М., 2005.
9. Самойленко П.И., Сергеев А.В. Сборник задач и вопросы по физике: учеб.пособие. – М., 2002.
10. Анциферов Л.И. Физика: Механика, термодинамика и молекулярная физика. 10 кл.: Учебник для общеобразовательных учреждений. – М., 2001.
11. Анциферов Л.И. Физика: Электродинамика и квантовая физика. 11 кл.: Учебник для общеобразовательных учреждений. – М., 2001.
12. Кабардин О.Ф. Физика: справочное пособие. – М., 2002.
13. Степанова Г.Н. Сборник задач по физике: 10-11 класс общеобразовательных учреждений. – М., 2006.
14. Левитан Е.П. Астрономия: Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. – М., 2001.
15. Порфирьев В.В. Астрономия: Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. – М., 2001.
16. Спасский Б.И. Хрестоматия по физике. – М., 1998.
17. Бутиков Е.И. Физика в примерах и задачах. – М., 1996.
18. Красновская О., Семенова М. Большая иллюстрированная энциклопедия эрудита. – М., 2008.
19. Аганов А.В., Сафиуллин Р.К. Физика вокруг нас: Качественные задачи по физике. – М., 1998.
20. Власова И.Г. Справочник школьника. Решение задач по физике. – М., 1996.

21. Громов С.В. Шаронова Н.В. Физика, 10—11: Книга для учителя. – М., 2004.
22. Кабардин О.Ф., Орлов В.А. Экспериментальные задания по физике. 9—11 классы: учебное пособие для учащихся общеобразовательных учреждений. – М., 2001.
23. Касьянов В.А. Методические рекомендации по использованию учебников
24. В.А. Касьянова «Физика. 10 кл.», «Физика. 11 кл.» при изучении физики на базовом и профильном уровне. – М., 2006.
25. Касьянов В.А. Физика. 10, 11 кл. Тематическое и поурочное планирование. – М., 2002.
26. Лабковский В.Б. 220 задач по физике с решениями: книга для учащихся 10—11 кл. общеобразовательных учреждений. – М., 2006.
27. Федеральный компонент государственного стандарта общего образования / Министерство образования РФ. – М., 2004.

Интернет-ресурсы

- [www. fcior. edu. ru](http://www.fcior.edu.ru) (Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов).
- [www. dic. academic. ru](http://www.dic.academic.ru) (Академик. Словари и энциклопедии).
- [www. booksgid. com](http://www.booksgid.com) (Books Gid. Электронная библиотека).
- [www. globalteka. ru](http://www.globalteka.ru) (Глобалтека. Глобальная библиотека научных ресурсов).
- [www. window. edu. ru](http://www.window.edu.ru) (Единое окно доступа к образовательным ресурсам).
- [www. st-books. ru](http://www.st-books.ru) (Лучшая учебная литература).
- [www. school. edu. ru](http://www.school.edu.ru) (Российский образовательный портал. Доступность, качество, эффективность).
- [www. ru/book](http://www.ru/book) (Электронная библиотечная система).
- [www. alleng. ru/edu/phys. htm](http://www.alleng.ru/edu/phys.htm) (Образовательные ресурсы Интернета — Физика).
- [www. school-collection. edu. ru](http://www.school-collection.edu.ru) (Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов).

<https://fiz.1september.ru> (учебно-методическая газета «Физика»).

www.n-t.ru/nl/fz (Нобелевские лауреаты по физике).

www.nuclphys.sinp.msu.ru (Ядерная физика в Интернете).

www.college.ru/fizika (Подготовка к ЕГЭ).

www.kvant.mcsme.ru (научно-популярный физико-математический журнал «Квант»).

www.yos.ru/natural-sciences/html (естественно-научный журнал для молодежи «Путь в науку»).