

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.И. Носова»  
Многопрофильный колледж



УТВЕРЖДАЮ  
Директор  
С.А. Махновский  
22 сентября 2016 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ  
ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**по учебной дисциплине  
ПД.03 ФИЗИКА  
для студентов специальностей  
технического профиля**

Магнитогорск, 2016

ОДОБРЕНО:

Предметной комиссией

Математических и естественнонаучных дисциплин

Председатель Е.С. Корытникова

Протокол № 1 от 07. 09.2016 г.

Методической комиссией МпК

Протокол №1 от 22.09.2016 г.

**Составители:**

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ» Многопрофильный колледжа

Елена Станиславовна Корытникова

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ» Многопрофильный колледжа

Наталья Витальевна Корнеева

Методические указания по выполнению практических работ разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «ФИЗИКА».

Содержание практических работ ориентировано на формирование универсальных учебных действий, подготовку обучающихся к освоению программы подготовки специалистов среднего звена.

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение	4
2 Перечень практических и лабораторных работ	8
2 Методические указания	10
Практическая работа 1	10
Практическая работа 2	15
Практическая работа 3	18
Практическая работа 4	23
Практическая работа 5	27
Практическая работа 6	32
Практическая работа 7	36
Практическая работа 8	42
Практическая работа 9	45
Практическая работа 10	48
Практическая работа 11	49
Практическая работа 12	55
Практическая работа 13	60
Практическая работа 14	67
Практическая работа 15	71
Практическая работа 16	72
Практическая работа 17	74
Практическая работа 18	80
Практическая работа 19	84
Лабораторная работа 1	90
Лабораторная работа 2	92
Лабораторная работа 3	97
Лабораторная работа 4	101
Лабораторная работа 5	103
Лабораторная работа 6	106
Лабораторная работа 7	108
Лабораторная работа 8	110
Лабораторная работа 9	114
Лабораторная работа 10	116
Лабораторная работа 11	118
Лабораторная работа 12	120
Лабораторная работа 13	123
Лабораторная работа 14	126
Лабораторная работа 15	128
Лабораторная работа 16	132
Лабораторная работа 17	135
Лабораторная работа 18	137
Лабораторная работа 19	141

# 1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и практической подготовки обучающихся составляют практические занятия. В рамках практического занятия обучающиеся могут выполнять одну или несколько практических работ.

Состав и содержание практических работ по общеобразовательной подготовке направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование учебных практических умений (умений решать задачи по физике), необходимых в последующей учебной деятельности по математическим и естественнонаучным, общепрофессиональным дисциплинам «Техническая механика», «Электротехника и электроника».

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Физика» предусмотрено проведение практических занятий.

В результате их выполнения у обучающихся должны сформироваться **предметные результаты**:

1) сформированность представлений о роли и месте физики в современной научной картине мира; понимание физической сущности наблюдаемых во Вселенной явлений; понимание роли физики в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач;

2) владение основополагающими физическими понятиями, закономерностями, законами и теориями; уверенное пользование физической терминологией и символикой;

3) владение основными методами научного познания, используемыми в физике: наблюдение, описание, измерение, эксперимент; умения обрабатывать результаты измерений, обнаруживать

зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы;

5) сформированность умения решать физические задачи;

6) сформированность умения применять полученные знания для объяснения условий протекания физических явлений в природе и для принятия практических решений в повседневной жизни;

7) сформированность собственной позиции по отношению к физической информации, получаемой из разных источников.

Содержание практических работ ориентировано на формирование универсальных учебных действий:

### ***Личностных:***

- 4) сформированность мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки и общественной практики, основанного на диалоге культур, а также различных форм общественного сознания, осознание своего места в поликультурном мире;
- 5) сформированность основ саморазвития и самовоспитания в соответствии с общечеловеческими ценностями и идеалами гражданского общества; готовность и способность к самостоятельной, творческой и ответственной деятельности;
- 6) толерантное сознание и поведение в поликультурном мире, готовность и способность вести диалог с другими людьми, достигать в нём взаимопонимания, находить общие цели и сотрудничать для их достижения;
- 7) навыки сотрудничества со сверстниками, взрослыми в образовательной, общественно полезной, учебно-исследовательской, проектной и других видах деятельности;
- 8) нравственное сознание и поведение на основе усвоения общечеловеческих ценностей;
- 9) готовность и способность к образованию, в том числе самообразованию, на протяжении всей жизни; сознательное отношение к непрерывному образованию как условию успешной профессиональной и общественной деятельности;
- 10) эстетическое отношение к миру, включая эстетику быта, научного и технического творчества, спорта, общественных отношений;
- 13) осознанный выбор будущей профессии и возможностей реализации собственных жизненных планов; отношение к профессиональной деятельности как возможности участия в решении личных, общественных, государственных, общенациональных проблем.

### ***Метапредметных:***

- 1) умение самостоятельно определять цели деятельности и составлять планы деятельности; самостоятельно осуществлять, контролировать и корректировать деятельность; использовать все возможные ресурсы для достижения поставленных целей и реализации планов деятельности; выбирать успешные стратегии в различных ситуациях;
- 2) умение продуктивно общаться и взаимодействовать в процессе совместной деятельности, учитывать позиции других участников деятельности, эффективно разрешать конфликты;
- 3) владение навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности, навыками разрешения проблем; способность и

готовность к самостоятельному поиску методов решения практических задач, применению различных методов познания;

4) готовность и способность к самостоятельной информационно-познавательной деятельности, включая умение ориентироваться в различных источниках информации, критически оценивать и интерпретировать информацию, получаемую из различных источников;

5) умение использовать средства информационных и коммуникационных технологий в решении когнитивных, коммуникативных и организационных задач с соблюдением требований эргономики, техники безопасности, гигиены, ресурсосбережения, правовых и этических норм, норм информационной безопасности;

7) умение самостоятельно оценивать и принимать решения, определяющие стратегию поведения, с учётом гражданских и нравственных ценностей;

8) владение языковыми средствами - умение ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства;

9) владение навыками познавательной рефлексии как осознания совершаемых действий и мыслительных процессов, их результатов и оснований, границ своего знания и незнания, новых познавательных задач и средств их достижения.

Выполнение студентами практических работ по учебной дисциплине «Физика» направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;

- приобретение навыков работы с различными приборами, техническими средствами для проведения опытов;

- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;

- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для выполнения практических работ.

## ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ (ЛАБОРАТОРНЫХ) РАБОТ

№ темы	№ и название работы
1.1	Практическая работа № 1 Решение задач по кинематике.
1.1	Практическая работа № 2 Решение задач на параметры вращательного движения
1.1	Лабораторная работа 1 «Определение плотности вещества»
1.2	Практическая работа № 3 Решение задач на законы Ньютона.
1.3	Практическая работа №4 Решение задач на законы сохранения энергии.
1.3	Лабораторная работа 2 «Изучение закона сохранения механической энергии»
2.1.	Практическая работа № 5 Решение задач по теме «Основы МКТ».
2.1.	Лабораторная работа №3 Проверка газовых законов.
2.2	Практическая работа №6 Решение задач по теме «Основы термодинамики».
2.3	Лабораторная работа №4 Рост кристаллов.
2.3	Лабораторная работа №5 Измерение влажности воздуха
2.3	Лабораторная работа 6 «Определение удельной теплоемкости вещества»
3.1	Практическая работа № 7 Решение задач по теме «Электростатика».
3.2	Лабораторная работа № 7 «Определение удельного сопротивления проводника».
3.2	Лабораторная работа № 8 «Изучение закона Ома для участка цепи».
3.2	Лабораторная работа № 9 «Проверка законов параллельного соединения проводников».
3.2	Лабораторная работа № 10 «Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника электрической энергии»
3.2	Лабораторная работа № 11 Исследование зависимости мощности, потребляемой лампой накаливания от напряжения на ее зажимах
3.2	Практическая работа № 8 Решение задач на смешанное соединение проводников.
3.2	Практическая работа № 9 Решение задач на законы Ома
3.2	Практическая работа № 10 Решение задач на формулы работы и мощности тока
3.3	Лабораторная работа №12 «Определение электрохимического эквивалента меди».



3.3	Лабораторная работа №13 «Изучение свойств полупроводников».
3.5	Практическая работа № 11 Решение задач по теме «Электромагнитная индукция».
4.1	Лабораторная работа №14 Изучение зависимости периода колебаний нитяного (или пружинного) маятника от длины нити (или массы груза).
4.1	Практическая работа №12 Решение задач на параметры колебательного движения
4.2	Практическая работа № 13 Решение задач по теме «Переменный ток»
4.2	Практическая работа №14 «Электромагнитные колебания и волны».
4.2	Лабораторная работа №15«Изучение устройства трансформатора, генератора».
5.1	Лабораторная работа №16 «Определение показателя преломления стекла».
5.1	Лабораторная работа №17 «Изучение интерференции и дифракции».
5.1	Лабораторная работа №18 Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решетки.
5.1	Лабораторная работа № 19 «Наблюдение спектров излучения и поглощения».
5.1	Практическая работа № 15 Решение задач на законы преломления
5.1	Практические работы №16 Решение задач с использованием формулы дифракционной решётки.
5.1	Практическая работа №17 Решение задач по теме «Оптика»
6.1	Практическая работа №18 Решение задач по теме «Законы фотоэффекта»
6.2	Практическая работа №19 Решение задач по теме «Радиоактивность. Запись ядерных реакций»

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Тема 1.1 Кинематика.

#### Практическая работа №1 Решение задач по теме «Кинематика»

**Цель работы:** научиться различать виды механического движения в зависимости от формы траектории и скорости перемещения тела, рассчитывать его параметры, научиться изображать графически различные виды механических движений, записывать уравнения движения, различать его относительность; научиться формулировать следующие понятия : механическое движение, скорость и ускорение, система отсчета, механический принцип относительности.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

#### **Задание**

1. Используя формулы для расчёта параметров движения тел, решить задачи.
2. Проанализировать графики движения тел, описать характер движения.

#### **Порядок выполнения работы**

1. Повторить основные вопросы кинематики

#### **Виды механического движения тел**

Траектория – линия, описываемая движущимся телом.

Путь ( $\ell$ ) – расстояние между двумя геометрическими точками, отсчитанное вдоль траектории движения тела.

Перемещение ( $\vec{S}$ ) – вектор, соединяющий начальное и конечное положения тела.

Тело отсчёта – тело, относительно которого рассматривают положение других тел.

Система отсчёта – тело отсчёта, с которым жёстко связаны система координат, часы и метр.

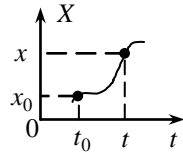
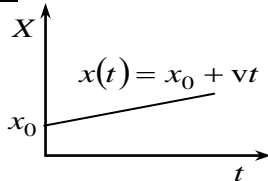
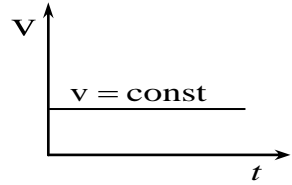
Материальная точка – тело, размерами которого можно пренебречь.

### Одномерное движение. Движение с постоянной скоростью.

Пусть тело движется в направлении оси  $X$  с постоянной скоростью  $v$  и за время  $\Delta t = t - t_0$  проходит путь  $\Delta x = x - x_0$ . Средняя скорость

$$v_{\text{cp}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}.$$

$$x(t) = x_0 + v\Delta t$$

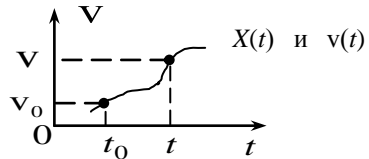


### Движение с переменной скоростью. Ускорение

Если тело движется в направлении оси  $X$  с переменной скоростью  $v(t)$ , то, графики имеют вид:

При этом говорят, что тело движется с ускорением.

Ускорение ( $\vec{a}$ ) – скорость изменения скорости.



Если за время  $\Delta t = t - t_0$  изменение скорости  $\Delta \vec{v} = \vec{v} - \vec{v}_0$ , то среднее

ускорение:  $\vec{a}_{\text{cp}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$   $[a] = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ . Из  $a = \frac{v - v_0}{\Delta t} \Rightarrow v = v_0 + a\Delta t$  или

$$v(t) = v_0 + a\Delta t$$

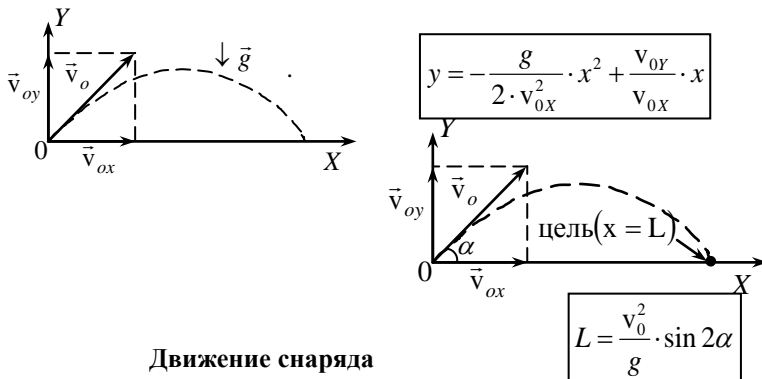
$$x(t) = x_0 + v_0\Delta t + \frac{a\Delta t^2}{2}$$

Если  $\vec{v}_0$  и  $\vec{a}$  сонаправлены, то скорость движения тела возрастает,  $a$  имеет знак «+»; в противном случае скорость уменьшается и  $a$  имеет знак «-».

Если время движения  $\Delta t$  неизвестно, то  $x(t) = x_0 + \frac{v^2(t) - v_0^2}{2a}$ .

## Многомерное движение. Движение тела, брошенного под углом к горизонту

Пусть тело брошено из начала координат под углом к горизонту с начальной скоростью  $\vec{v}_0$ . Из графика видно, что  $\vec{v}_0 = \vec{v}_{0X} + \vec{v}_{0Y}$  (двумерное движение можно рассматривать, как наложение друг на друга двух одномерных – по осям  $X$  и  $Y$ ).



Задача баллистики – попадание снаряда в цель.

Дано – начальная скорость снаряда  $v_0$ , найти – зависимость дальности полета  $L$  снаряда от угла  $\alpha$  наклона ствола пушки. При  $\sin 2\alpha = 1$ , т. е.

при  $\alpha = 45^\circ$   $L = L_{\max}$ .

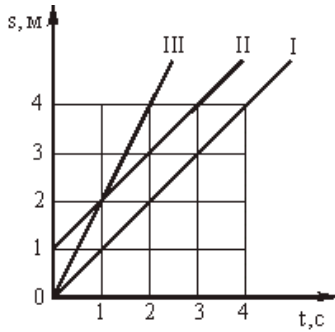
2. Решить задачи по вариантам, используя таблицу 1.  
В условии некоторых задач отсутствуют цифры. Значения физических параметров этих задач необходимо брать из таблицы 1: по вертикальной строке указан номер варианта, по горизонтальной – номер задачи.
1. Движение тела задано уравнением. Определите начальную координату, начальную скорость и ускорение при движении.
2. Автобус и троллейбус движутся в одном направлении. Определите их относительную скорость, если скорость троллейбуса 10 км/ч, а автобуса 40 км/ч. Решите эту задачу и при условии, что они движутся в противоположных направлениях.
3. Троллейбус, трогаясь с места, движется с постоянным ускорением  $a$ . Через сколько времени он приобретет скорость  $V$ ?
4. Какую скорость развивает автомобиль «Волга» за время  $\Delta t$  после начала движения, если он едет с ускорением  $a$ ? Какой путь он проходит за это время?

- Привести примеры тел, находящихся в покое. Действие каких тел компенсируется в этих случаях? (3 примера; действующие силы изобразить на рисунке).
- В движущемся вагоне пассажирского поезда на столе лежит книга. В покое или движении находится книга относительно : а) стола; б) рельсов; в) пола вагона; г) телеграфных столбов?
- Конькобежец пробежал на стадионе полкруга радиусом  $R$ . Определить пройденный им путь и перемещение. Чему будут равны путь и перемещение конькобежца, когда он пробежит полный круг?
- Трамвай двигался равномерно прямолинейно со скоростью  $V$ , а в процессе торможения – равноускоренно с ускорением  $a$ .

Определите время торможения и тормозной трамвая. Постойте скорости  $V(t)$  и ускорения  $a(t)$ .

9. С каким ускорением автомобиль, если на его скорость возросла от км/ч?

10. а) Какому виду соответствует каждый рис.1? С какой



путь  
графики

двигался  
пути  $S$   
36 до 72

движения  
график на

скоростью двигалось тело, для которого зависимость пути от времени изображается графиками I, II, III? Записать уравнение движения для графиков I, II.

б) Какой физический смысл имеет точка пересечения графиков II и III на рис.1? Какой из графиков соответствует движению с большей скоростью? Можно ли по этим графикам определить траектории движения?

Таблица 1.

№ задачи	1	3		4		5	7	8		9
		<b>a</b>	<b>V</b>	$\Delta t$	<b>a</b>	<b>V</b>	<b>R</b>	<b>V</b>	<b>a</b>	<b>S</b>
		м/с <sup>2</sup>	км/ч	с	м/с <sup>2</sup>	км/ч	м	км/ч	м/с <sup>2</sup>	км
1	$x(t)=10+10t-t^2$	2	10	5	2	10	10	10	2	1

2	$x(t)=20+20t-t^2$	4	20	10	4	20	20	20	4	2
3	$x(t)=30+30t-t^2$	6	30	15	6	30	30	30	6	3
4	$x(t)=40+40t-t^2$	8	40	20	8	40	40	40	8	4
5	$x(t)=50+50t-t^2$	10	50	25	10	50	50	50	10	5
6	$x(t)=60+60t-t^2$	12	60	30	12	60	60	60	12	1
7	$x(t)=70+70t-t^2$	14	70	35	14	10	70	70	14	2
8	$x(t)=80+80t-t^2$	16	80	40	16	20	80	80	16	3
9	$x(t)=90+90t-t^2$	18	90	45	18	30	90	90	18	4
10	$x(t)=10+100t-t^2$	20	10	50	20	40	100	10	20	5

**Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

## Тема 1.1 Кинематика Практическая работа №2

### Решение задач на параметры вращательного движения

**Цель работы:** научиться рассчитывать параметры вращательного движения.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

#### Задание

1. Решить задачи, используя формулы на вычисление параметров вращательного движения: период, частота, угловая частота, угловая скорость, линейная скорость, угловое перемещение, центростремительное ускорение.
2. Выявить основные различия между прямолинейным движением и движением тела по окружности.

#### Порядок выполнения работы

1. Повторить основные положения вращательного движения.

Пусть тело движется по окружности радиуса  $R$  с постоянной по значению скоростью  $v$  (линейной скоростью) и за время  $\Delta t$  переместилось на  $\Delta \vec{S}$  из т. А в т. В. Вектор  $\vec{v}$  направлен по касательной к окружности и меняет направление, т.е. можно говорить об изменении скорости  $\Delta \vec{v} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$ , отличным от нуля. Отсюда:

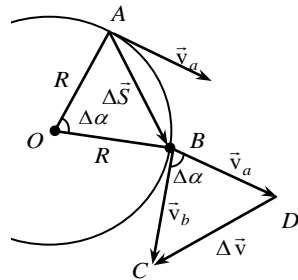
$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \neq \vec{0}.$$

Центростремительное ускорение ( $\vec{a}$ ) – скорость изменения направления вектора скорости.

Определим  $|\vec{a}_{cp}| = a_{cp}$ .

Из подобия треугольников OAB и

$$CBD \Rightarrow \frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta S}{R} \Rightarrow \Delta v = \frac{v \cdot \Delta S}{R}$$



$$a_{cp} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v \cdot \Delta S}{R \Delta t}; \text{ при } \Delta t \rightarrow 0 \quad a_{cp} \rightarrow a \text{ и } \frac{\Delta S}{\Delta t} \rightarrow v \Rightarrow \boxed{a = \frac{v^2}{R}}.$$

Вектор  $\vec{a}$  направлен по радиусу к центру окружности.

Период обращения точки по окружности ( $T$ ) – время, за которое точка описывает одну окружность.

$$\boxed{T = \frac{2\pi R}{v}} \quad [T] = 1 \text{ с} \quad \text{Из } a = \frac{v^2}{R} \text{ и } v = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow \boxed{a = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot R}.$$

Частота обращения точки по окружности ( $\nu$ ) – количество полных оборотов, совершаемых

точкой в единицу времени.

$$[\nu] = 1 \frac{1}{\text{с}}; \quad \boxed{\nu = \frac{v}{2\pi R}} \quad \boxed{\nu = \frac{1}{T}} \quad \boxed{a = 4\pi^2 \nu^2 R}.$$

Угловая скорость обращения точки по окружности ( $\omega$ ) – скорость изменения угла поворота  $\Delta\alpha$  радиуса  $R$ , соединяющего точку с центром окружности.

$$\boxed{\omega = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t}} \quad \underline{[\omega] = 1 \frac{\text{рад}}{\text{с}}}$$

$$\boxed{\omega = \frac{2\pi}{T}} \Rightarrow \boxed{\omega = 2\pi\nu}; \quad \omega = 2\pi \frac{v}{2\pi R} = \frac{v}{R} \Rightarrow \boxed{v = \omega R}; \quad \boxed{v = 2\pi\nu R};$$

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} \Rightarrow \boxed{a = \omega^2 R}.$$

## 2. Решить задачи

1. Автомобиль движется по закруглению радиусом 100 метров со скоростью 36 км/ч. Определить его центростремительное ускорение. (отв.: 1 м/с)
2. Автомобиль движется по закруглению радиусом 80 метров со скоростью 54 км/ч. Определить его центростремительное ускорение.
3. Точильный круг радиусом 10 см делает один оборот за 0,2 с. Найдите скорость точек, наиболее удалённых от оси вращения.



4. Самолёт, выходя из пике, движется по траектории, которая в нижней части является дугой окружности радиусом 800м. Вычислите ускорение самолёта при его движении, если его скорость равна 720 км/ч. (отв.:  $50 \text{ м/с}^2$ )
5. Спутник движется по круговой орбите на высоте 630 км. Период обращения спутника 97, 5 минут. Определите его линейную скорость и центростремительное ускорение. Радиус Земли 6370 км. (Отв.:  $7514 \text{ м/с}$ ;  $8,1 \text{ м/с}^2$ )
6. Время одного оборота вокруг оси равно 24 часа. Вычислите угловую и линейную скорости вращения точек на экваторе. Радиус Земли считать равным 6400 км (отв.:  $0,0007 \text{ рад/с}$ ;  $448 \text{ м/с}$ ).
7. Период обращения первого космического корабля – спутника Земли «Восток» равнялся 90 минут. Средняя высота спутника над Землёй была равна 320 км. Радиус Земли 6400км. Вычислите скорость корабля.
8. Какова скорость движения автомобиля, если его колёса радиусом 30 см делают 600 оборотов в минуту?
9. Луна движется вокруг Земли на расстоянии 380000 км от неё, совершая один оборот за 27,3 суток. Вычислите центростремительное ускорение Луны.

#### **Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

## Тема 1.2. Законы механики Ньютона

### Практическая работа №3

#### Решение задач на Законы Ньютона

**Цель работы:** получить представление о силовом действии одного тела на другое, массе тела различать понятия инерции и инертности, научиться формулировать понятия массы, силы, законы Ньютона.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

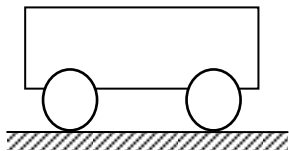
#### Задание

1. Выявить основную причину движения тела.
2. Решить задачи на применение законов Ньютона.

#### Порядок выполнения работы

1. Повторить основные понятия динамики и законы Ньютона

#### Динамика. Основные понятия



Инерция – явление сохранения скорости движения тела при отсутствии внешних воздействий.

Инертность – свойство тел, проявляющееся в том, что при одинаковых внешних воздействиях разные тела приобретают

разные ускорения.

Масса ( $m$ ) – мера инертности тел.  $[m] = 1 \text{ кг}$ .

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

- За эталон массы (1 килограмм) принята масса международного прототипа килограмма.
- Из опытов известно, что ускорения, получаемые телами при взаимодействии, обратно пропорциональны их массам: .

Если массу какого-либо тела принять за эталон, то можно измерить массу других тел:

$$[\rho] = 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$m_{\text{ТЕЛА}} = \frac{m_{\text{ЭТ}} \cdot a_{\text{ЭТ}}}{a_{\text{ТЕЛА}}}$$

- Плотность тела ( $\rho$ ) – отношение массы тела  $m$  к его объему  $V$ .

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

Сила ( $\vec{F}$ ) – мера механического действия одного

тела

на другое.

$[F] = 1 \text{ Н}$  – ньютон.

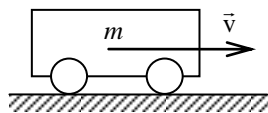
- Сила имеет направление, т. е. *сила-вектор*.
- Сила всегда приложена к тому телу, название которого следует в предложении после предлога «на».

Силовое поле – особый вид материи, посредством которого передаётся действие силы.

- Равнодействующая (результатирующая) сил ( $\vec{R}$ ) – сила, равная векторной сумме данных сил  $\vec{F}_i$ .  $\vec{R} = \sum \vec{F}_i$
- Давление ( $p$ ) – отношение силы к площади поверхности, на которую она действует в перпендикулярном направлении.

$$p = \frac{F}{S}$$

$$[p] = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 1 \text{ Па} - \text{паскаль}$$



Импульс тела ( $\vec{p}$ ) – векторная

мера механического движения, равная произведению массы тела на его скорость.  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$   $[p] = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$

Импульс силы ( $\vec{F} \cdot \Delta t$ ) – векторная мера действия силы, равная произведению силы на время её действия.  $[F \cdot \Delta t] = 1 \text{ Н} \cdot \text{с}$ .

### Законы Ньютона

Обобщив результаты своих исследований и, учтя работу Галилея «О движении тел по инерции», Ньютон сформулировал законченное положение, известное как **первый закон Ньютона**:

Существуют системы отсчета, относительно которых тело находится в покое либо движется прямолинейно и равномерно, если равнодействующая всех приложенных к нему сил равна нулю.

Инерциальная система отсчёта (ИСО) – система отсчёта, в которой выполняется первый закон Ньютона.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Из  $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{m \Delta \vec{v}}{\Delta t} = m \vec{a}$  получаем **второй закон**

**Ньютона:**

для тела постоянной массы скорость изменения импульса равна произведению массы на ускорение.

- Второй закон Ньютона работает только в ИСО и при условии, что масса тела и действующие на него силы постоянны.

- Второй закон Ньютона справедлив для равнодействующей  $\vec{R}$  всех сил, приложенных к телу, поэтому, прежде чем решать задачи с его применением, надо определить  $\vec{R}$ .

**Третий закон Ньютона:**

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

Силы, с которыми два тела действуют друг на друга, численно равны и направлены в противоположные стороны по одной прямой.

- Третий закон Ньютона работает только в ИСО.

### Закон всемирного тяготения

Полагая, что все тела Вселенной взаимно притягиваются, Ньютон в 1682 г. сформулировал **закон всемирного тяготения**: все тела притягиваются друг к другу с силами, прямо пропорциональными произведению их масс и обратно пропорциональными квадрату расстояния между ними.

$$F_{12} = \frac{\gamma \cdot m_1 \cdot m_2}{R^2}$$

где  $F_{12}$  – сила взаимного притяжения тел и  $m_2$ ;

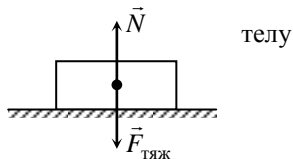
масс  $m_1$

$\gamma$  – гравитационная постоянная.  $\gamma = 6,6720 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}^2$ .

### Силы в природе

Сила тяжести ( $\vec{F}_{\text{тяж}}$ ) – сила, сообщающая ускорение свободного падения.

- Сила тяжести направлена вертикально вниз (перпендикулярно касательной к поверхности Земли).



Реакция ( $\vec{N}$ ) – сила действия опоры (подвеса) на тело.

Вес тела ( $\vec{P}$ ) – сила, с которой тело действует на опору или подвес вследствие притяжения к Земле.

Невесомость – исчезновение веса тела при движении опоры с ускорением свободного падения.

Перегрузка – увеличение веса тела при движении опоры с ускорением вверх.

Сила упругости ( $\vec{F}_y$ ) – сила, возникающая в теле при деформации.

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

**закон Гука:** сила упругости, возникающая при деформации тела, пропорциональна его абсолютной деформации и направлена в сторону, противоположную перемещению частиц тела:

Сила трения покоя ( $\vec{F}_{\text{тр.п.}}$ ) – сила, возникающая на границе

соприкосновения тел при отсутствии их относительно друг друга.

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

движения

•  $\mu$  – коэффициент трения (зависит от материалов трущихся поверхностей).

## 2. Решить задачи.

1. Чему равна сила тяжести, действующая на тело массой 2,5кг, 600г, 1,2 т, 50г?
2. Определить силу тяжести, действующую на человека массой 64кг.
3. Первый советский искусственный спутник Земли был запущен 4 октября 1957 года. Определить массу этого спутника, если известно, что на Земле на него действовала сила тяжести, равная 819,3Н.
4. Человек весит 800Н. Какова его масса?
5. На полу стоит мешок с мукой массой 50кг. Вычислить силу тяжести и вес мешка. Изобразить эти силы на рисунке.
6. На неподвижной платформе стоит ящик с кирпичами массой 3тонны. Вычислите и изобразите на рисунке силу тяжести и вес ящика.
7. Сможете ли вы поднять пластину из пробки объёмом  $1\text{ м}^3$ ? Плотность пробки  $240\text{ кг/м}^3$ .
8. Вычислите вес тела, масса которого 10кг, 200г.
9. Выразите в киловаттах и мегаваттах следующие мощности: 3500 Вт; 200 Вт; 5000Вт; 110000Вт. Выразите в ваттах следующие мощности: 3 кВт; 1,5 кВт; 0,6 кВт; 0,04 МВт; 0,0001 МВт.
10. Вагонетка массой 0,6 тонн движется под действием силы 60 кН. Определите ускорение её движения.
11. Автобус массой 7тонн едет по горизонтальному шоссе. Какая сила требуется для сообщения ему ускорения  $1,4\text{ м/с}^2$ .
12. Два корабля массой 30 тонн каждый стоят на рейде на расстоянии 0,5 км один от другого. Какова сила притяжения между ними?
13. Определить массу каждого из двух одинаковых автомобилей, если на расстоянии 0,1 км на них действует сила притяжения 6,67 мН.
14. Определить расстояние, на котором две вагонетки массой по 20 кг каждая взаимодействуют с силой 67 мкН.
15. Автомобиль массой 6 тонн трогается с места с ускорением  $0,5\text{ м/с}^2$ . Какую силу тяги развивает его двигатель, если коэффициент сопротивления движению равен 0,04? .

16. Автомобиль массой 2 т трогается с места с ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ . Найти силу тяги, если коэффициент трения равен 0,05.
17. Какую силу тяги должен развивать двигатель, чтобы автомобиль массой 1000 кг двигался: а) равномерно; б) с ускорением  $0,2 \text{ м/с}^2$ .
18. Определить силу тяги, действующего на вагон массой 22 т, если скорость возросла от 3,8 м/с до 32,4 км/ч на пути 67 м. Коэффициент трения при движении вагона считать равным 0,025.
19. Электровоз при движении по горизонтальному пути развивает силу тяги  $150 \cdot 10^3 \text{ Н}$ . На участке пути длиной 600 м скорость поезда возросла с 32,4 до 54 км/ч. Определите силу сопротивления движению поезда, если его масса равна  $10000^3 \text{ кг}$ .

**Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

### Тема 1.3. Законы сохранения в механике

#### Практическая работа №4

#### Законы сохранения. Работа и энергия.

**Цель работы:** научиться использовать законы сохранения механики для расчёта параметров различных физических процессов

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

#### Задание

1. Уяснить понятия и составить представление о работе, мощности, потенциальной и кинетической энергии, знать формулы для их вычисления.
2. Решить задачи, используя законы сохранения механики.

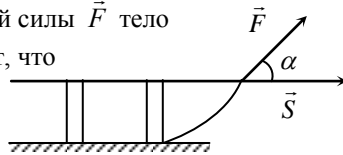
#### Порядок выполнения работы

1. Повторить законы сохранения в механике.

Количество потребляемой энергии – один из главных показателей технического развития общества. Производство, распределение и потребление энергии невозможно без её преобразования из одного вида в другой. Если под действием постоянной силы  $\vec{F}$  тело совершило перемещение  $\vec{S}$ , то говорят, что силой совершена *работа*.

**Работа ( $A$ )** – скалярное произведение векторов силы  $\vec{F}$  и перемещения  $\vec{S}$ .

где  $\alpha$  – угол между  $\vec{F}$  и  $\vec{S}$ ;  $F_S = F \cdot \cos \alpha$  – проекция  $\vec{F}$  на направление.



$$A = |\vec{F}| \cdot |\vec{S}| \cdot \cos \alpha = F \cdot S \cdot \cos \alpha = F_S S$$

джоуль

$$[A] = 1 \text{ Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$$

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

$$[N] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = 1 \text{ Вт}$$

**Мощность ( $N$ )** – скорость совершения работы. – ватт

#### Энергия

**Механическая система** – совокупность материальных точек, взаимодействующих друг с другом и телами, не входящими в эту совокупность.

После совершения работы система перейдёт из одного состояния в другое. Тогда **работа** – физическая величина, характеризующая процесс перехода механической системы из одного состояния в другое.

Можно говорить, что существует некий параметр механической системы, изменение которого равно совершённой работе  $A$ .

**Механическая энергия** ( $E$ ) – параметр механической системы, изменение ( $\Delta E$ ) которого равно совершённой работе ( $A$ ).  $\Delta E = A$ .  $[E] = 1 \text{ Дж}$   $\Delta E = E_2 - E_1$

где  $E_1$  – механическая энергия системы в начальном состоянии;  
 $E_2$  – механическая энергия системы в конечном состоянии.

- Изменение энергии  $\Delta E$  может быть как положительным, так и отрицательным, т. е.  $\Delta E = \pm |\Delta E|$ .
- Из (\*) вытекает: **работа** – мера изменения механической энергии системы.

### Кинетическая энергия

**Кинетическая энергия** ( $E_k$ ) – половина произведения массы тела на квадрат его скорости.

- Кинетическая энергия – энергия  $E_k = \frac{mv^2}{2}$  движения.
- Тогда  $A = E_{k2} - E_{k1}$  или  $A = \Delta E_k$ , т. е. если  $E_k = \frac{mv^2}{2}$  сила совершает положительную работу, то кинетическая энергия тела возрастает, и обратно.

### Потенциальная энергия

**Потенциальная энергия** ( $E_n$ ) – энергия взаимодействия тел или частей тела.

**Нулевой уровень потенциальной энергии** – состояние системы, в котором  $E_n = 0$ .

**Нулевой уровень потенциальной энергии взаимодействия тела с Землёй** (НУПЭЗ) – горизонтальная плоскость, на которой принимается  $E_n$  системы тело–Земля равной нулю.

Пусть тело массы  $m$  под действием силы тяжести  $\vec{F}_{\text{тяж}}$  переместилось с высоты  $h_1$  до высоты  $h_2$  без изменения скорости. Работа силы тяжести  $A = F_{\text{тяж}} S = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2 = -(mgh_2 - mgh_1) = -(E_{n2} - E_{n1})$  или  $A = -\Delta E_n$ .

**Потенциальная энергия взаимодействия тела**  $E_n = mgh$  с

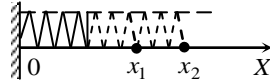
**Землей** ( $E_n$ ) – произведение силы тяжести тела на высоту  $h$  положения центра масс тела относительно НУПЭЗ.

Потенциальной энергией взаимодействия частей тела обладают упруго деформированные тела

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



**Потенциальная энергия упруго деформированного тела ( $E_n$ )** – половина произведения жёсткости  $k$  тела на квадрат его абсолютной деформации  $x$ .



### Законы сохранения в механике

Энергия интересует человечество на всём пути его развития. Веками люди пытались изобрести машину («вечный двигатель»), позволяющую получать энергию из «ниоткуда». Закон сохранения и превращения энергии (п.3.2) запрещает существование вечного двигателя, однако время от времени появляются люди, объявляющие о создании очередной его модели.

### Закон сохранения механической энергии

**Внешние силы** – силы, действующие со стороны тел, не входящих в данную систему.

**Замкнутая механическая система тел** – система, на каждое из тел которой не действуют внешние силы или равнодействующая всех внешних сил равна нулю, т.е.  $\sum \vec{F}_{i,внеш} = \vec{0}$ .

Рассмотрим замкнутую механическую систему тел, значения потенциальной энергии которой в начальном и конечном состояниях равны  $E_{n1}$  и  $E_{n2}$ , кинетической:  $E_{k1}$  и  $E_{k2}$ :  $E_{k1} + E_{n1} = E_{k2} + E_{n2}$ .

**Полная механическая энергия системы** – сумма кинетической и потенциальной энергии тел этой системы.

**Закон сохранения механической энергии:** полная механическая энергия замкнутой механической системы тел, в которой действуют только тяжести и упругости, остаётся неизменной.

$$\sum_{i=1}^n (E_k + E_n)_i = const \quad \text{силы}$$

- Отдельно от тела отсчёта ни одно тело не обладает механической энергией.

### Закон сохранения импульса

Пусть два тела масс  $m_1$  и  $m_2$  составляют механическую систему, движутся друг другу и взаимодействуют с силами

$$\sum_{i=1}^n \vec{p}_i = const$$

замкнутую навстречу  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ .

По третьему закону Ньютона  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ . взаимодействия импульсы тел были  $\vec{p}_1$  и после взаимодействия  $\vec{p}'_1$  и  $\vec{p}'_2$ .

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2$$

До  $\vec{p}_2$ ,

т.е. векторные суммы импульсов тел до и после взаимодействия одинаковы.

Фундаментальный **закон сохранения импульса**: геометрическая сумма импульсов тел замкнутой механической системы остаётся неизменной.

- Закон сохранения импульса применим только в ИСО.

## 2. Решить задачи

1. Железнодорожный вагон массой 35т подъезжает к стоящему на том же пути неподвижному вагону массой 28т и автоматически сцепляется с ним. После сцепки вагоны движутся прямолинейно со скоростью 0,5м/с. Какова была скорость вагона массой 35 тонн перед сцепкой?
2. Железнодорожный вагон массой 25т подъезжает со скоростью 0,3 м/с к стоящему на том же пути неподвижному вагону массой 28т и автоматически сцепляется с ним. После сцепки вагоны движутся прямолинейно. Какова скорость движения вагонов после сцепки?
3. Два железнодорожных вагона массой 30т каждый движутся навстречу друг другу со скоростью 0,1 м/с и соединятся на одном пути. Определить скорость их движения после соединения.
4. Автомобиль массой 5000кг при движении в горной местности поднялся на высоту 400м над уровнем моря. Определить потенциальную энергию автомобиля относительно уровня моря.
5. Вычислить работу, совершаемую тяжелоатлетом, когда он равномерно поднимает штангу массой 100 кг на высоту 1,5м.
6. Какой потенциальной энергией обладает тело массой 2кг, поднятое на высоту 15метра? Какую работу оно может совершить при падении на Землю?
7. Какую работу нужно совершить, чтобы поезд массой 1000 тонн, движущийся со скоростью 72км/ч увеличил свою скорость до 108 км/ч?
8. Молот копра для забивания свай массой 500кг падает с высоты 10 метров. Чему будет равна потенциальная и кинетическая энергия молота на высоте 4метра?
9. Двигатель комнатного вентилятора имеет мощность 0,35 кВт. Какую работу он совершит за 20 минут.
10. Какой массы груз может поднимать подъемный кран со скоростью 1,5м/с, если у него двигатель мощностью 12кВт?

## **Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

## Тема 2.1 Основы молекулярно-кинетической теории

### Практическая работа №5

#### Решение задач по теме « Основы молекулярно-кинетической теории».

##### Цель работы:

1. Углубить и конкретизировать представления о молекулярно-кинетической теории вещества.
2. Научиться использовать законы МКТ для расчёта основных параметров состояния вещества.

##### Количество часов: 2

**Материальное обеспечение:** индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

##### Задание

1. Используя основные формулы законов МКТ, рассчитать параметров состояния вещества.
2. Уяснить причинную связь явлений, протекающих в веществе, установить основную зависимость изменения параметров состояния вещества.

##### Порядок выполнения работы

1. Повторить основные вопросы молекулярно-кинетической теории.

**Количество вещества** ( $\nu$ ) – физическая величина, определяемая числом его структурных элементов (атомов, молекул и др.)  $[\nu] = 1$  моль.

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$$

**Число Авогадро** ( $N_A$ ) – количество частиц в 1 моль вещества (названо в честь Амедео Авогадро (1776–1856, Италия).

**Молярная масса вещества** ( $\mu$ ) – величина, численно равная его относительной атомной (молекулярной) массе  $m_{\text{отн}}$  в атомных единицах массы (см. периодическую систему Дмитрия Ивановича Менделеева (1834–1907, Россия).

$$[\mu] = 1 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$\mu = m_{\text{отн}} \cdot 10^{-3}$$

Масса одной молекулы (в кг):

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

Из опытов известно, что 1 моль газа (независимо от химического состава) при нормальных условиях ( $0^{\circ}\text{C}$  и 760 мм рт. ст.) занимает объём  $22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  (22,4 л).

**Концентрация** ( $n$ ) – количество молекул  $N$  в единице объёма  $V$ .

$$n = \frac{N}{V} \quad [n] = 1 \frac{1}{\text{м}^3}$$

$$n_{\text{л}} \approx 2,7 \cdot 10^{25} \frac{1}{\text{м}^3}$$

**Число Лошмидга** ( $n_{\text{л}}$ ) – концентрация молекул газа при нормальных условиях

$N = \nu \cdot N_{\text{А}}$  и  $m = \nu \cdot \mu$  – число молекул  $N$  в  $\nu$  моль вещества и его масса  $m$ .

$p = \frac{2}{3} \cdot n \cdot \bar{E}_{\text{к}}$  – **основное уравнение МКТ идеального газа**,

где  $\bar{E}_{\text{к}} = \frac{m \cdot \bar{v}^2}{2}$  – средняя кинетическая энергия одной молекулы;  $m$  –

масса молекулы;

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \bar{v}_i^2}{N}}$$

средняя квадратичная скорость движения молекулы.

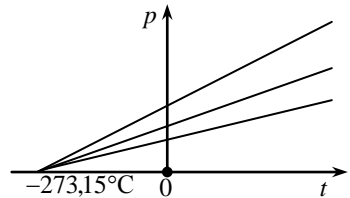
**Температура** – характеристика степени нагретости тела.

**Абсолютный нуль** – температура  $t =$

$-273,15^{\circ}\text{C}$ , при которой должно прекратиться поступательное движение молекул.

**Абсолютная шкала температур (шкала Кельвина) ( $T$ )** – шкала температур, где за нуль принимают абсолютный нуль.

$[T] = 1 \text{ К}$  – кельвин.  $1 \text{ К} = 1^{\circ}\text{C}$ . Между шкалами Кельвина и Цельсия действует соотношение:  $T = t + 273,15$ .



$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$  – **постоянная Больцмана** (названа в честь Людвиг

Больцмана (1844–1906, Австрия).

$p = nkT$ , т. е. *давление газа не зависит от его природы, а определяется только концентрацией  $n$  молекул и температурой  $T$ .*

**Объединённый газовый закон:** для данного количества вещества произведение давления газа на его объём, отнесённое к абсолютной температуре, есть величина постоянная.

$$\frac{pV}{T} = \nu R$$

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

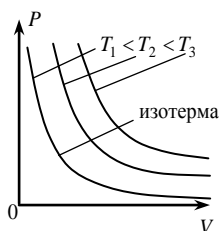
$R = k \cdot N_A = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$  – универсальная газовая постоянная.

$pV = \frac{m}{\mu} RT$  – уравнение состояния идеального газа (Менделеева-Клапейрона).

Практический интерес вызывают три процесса в газах:

- 1) при  $v = \text{const}$  и  $T = \text{const}$ ;
- 2) при  $v = \text{const}$  и  $p = \text{const}$ ;
- 3) при  $v = \text{const}$  и  $V = \text{const}$ .

### Изотермический процесс. Закон Бойля-Мариотта



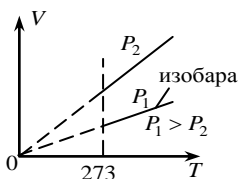
**Изотермический процесс** – процесс в газе, происходящий при постоянных количестве вещества и температуре.

**Закон Бойля-Мариотта:** при постоянных количестве вещества и температуре произведение давления газа на его объём остаётся постоянным.

$$pV = \text{const}$$

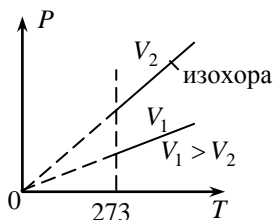
### Изобарический процесс. Закон Гей-Люссака

**Изобарический процесс** – процесс в газе, происходящий при постоянных количестве вещества и давлении



$$V = \alpha T$$

**Закон Гей-Люссака:** при постоянных количестве вещества и давлении объём газа прямо пропорционален его абсолютной температуре.



### Изохорический процесс. Закон Шарля

**Изохорический процесс** – процесс в газе, происходящий при постоянных количестве вещества и объёме (был изучен Шарлем).

**Закон Шарля:** при постоянных количестве вещества и объёме давление газа прямо

$$p = \beta T$$

пропорционально его абсолютной температуре.

**Внутренняя энергия газа ( $U$ )** – сумма кинетической энергии его молекул, потенциальной энергии их взаимодействия и внутримолекулярной энергии.

$$U = \frac{3}{2} \nu RT \quad \text{– для одноатомного идеального газа.}$$

$$U = \frac{5}{2} \nu RT \quad \text{– для}$$

двухатомного газа

$$U = 3\nu RT. \quad \text{Для многоатомного идеального}$$

$$A = \nu R \Delta T$$

газа

$$A = p \cdot \Delta V$$

### **Работа газа при изобарическом расширении:**

**Физический смысл  $R$ :** универсальная газовая постоянная – работа, совершаемая одним молем идеального газа при его изобарическом нагревании на один кельвин.

#### 2. Решить задачи по вариантам.

В условии некоторых задач отсутствуют цифры. Значения физических параметров этих задач необходимо брать из таблицы 1: по вертикальной строке указан номер варианта, по горизонтальной – номер задачи.

1. Вычислить массу одной молекулы заданного газа.
2. Сколько молекул содержится при нормальных условиях в  $m$  килограммах водорода  $\mathbf{H}_2$  ?
3. Какое количество вещества  $\nu$  содержится в алюминиевой отливке массой  $m$ ? ( $\mu_{\text{Al}} = 27 \cdot 10^{-3}$  кг/моль).
4. Какова масса  $\nu$  молей углекислого газа? ( $\mu_{\text{CO}_2} = 44 \cdot 10^{-3}$  кг/моль).
5. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа равна  $E_k$ . Чему равна температура газа? ( $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К).
6. В баллоне емкостью  $V$  литров находится кислород при температуре  $T$  и давлении  $P$ . Определить массу газа в баллоне. ( $\mu_{\text{O}_2} = 32 \cdot 10^{-3}$  кг/моль)
7. В цилиндре дизеля давление воздуха изменяется от  $P_1$  до  $P_2$ ; объем при этом уменьшается от  $V_1$  до  $V_2$  литров. Начальная

- температура процесса  $T_1$ . Определить температуру воздуха  $T_2$  в Кельвинах после сжатия.
- Какова внутренняя энергия  $\nu$  молей одноатомного газа при температуре  $T$ ?
  - В баллоне емкостью 30 л находится кислород при температуре 300К и давлении 0,78МПа. Определите массу газа в баллоне.
  - Баллон емкостью 100 л содержит 5,76 кг кислорода. При какой температуре возникает опасность взрыва, если баллон выдерживает давление до 5МПа?
  - Вычислить увеличение внутренней энергии 2кг водорода при повышении его температуры на 10 К.
  - Углекислый газ массой 0,2 кг нагревают при постоянном давлении на 88К. Какую работу совершает при этом газ?

Таблица 1.

вариант	1	2	3	4	5	6			7				8		
	ГАЗ (формула)	m кг	m г	$\nu$ моль	$E_k$ Дж	V л	T °К	P кПа	$P_1$ кПа	$P_2$ кПа	$V_1$ л	$V_2$ л	$T_1$ °С	$\nu$ Моль	T К
1	Кислород $O_2$	1	27	2	$6 \cdot 10^{21}$	2	100	1	2	1	7	5	27	1	27
2	Водород $H_2$	2	54	4	$7 \cdot 10^{21}$	4	200	2	3	2	8	6	28	2	28
3	Метан $CH_4$	3	81	6	$8 \cdot 10^{21}$	6	300	3	4	3	9	7	29	3	29
4	Озон $O_3$	4	108	8	$9 \cdot 10^{21}$	8	400	4	5	4	10	8	30	4	30
5	Азот $N_2$	5	135	10	$1 \cdot 10^{21}$	10	100	5	6	5	11	9	31	5	31
6	Углерод $C_2$	6	162	12	$2 \cdot 10^{21}$	12	200	6	7	6	12	10	32	6	32
7	Углекислый $CO_2$	7	189	14	$3 \cdot 10^{21}$	14	300	7	8	7	13	11	33	7	33
8	Гелий $He_2$	8	216	16	$4 \cdot 10^{21}$	16	400	8	9	8	14	12	34	8	34
9	$NH_3$	9	243	18	$5 \cdot 10^{21}$	18	100	9	10	9	15	13	35	9	35
10	$Cl_2$	10	270	20	$5,5 \cdot 10^{21}$	20	200	10	11	10	16	14	36	10	36

### Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

## Тема 2.2 Основы термодинамики

### Практическая работа №6

#### Решение задач по теме «Основы термодинамики»

**Цель работы:** на примере решения задач изучить закон сохранения энергии применительно к тепловым процессам, путях изменения внутренней энергии тел, адиабатическом процессе, принципе работы тепловой машины.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

#### Задание

1. Составить уравнения теплового баланса в задачах, решить задачи на изменение внутренней энергии тела при тепловых и механических процессах.
2. Выучить формулировку и математическую запись первого начала термодинамики, решить задачи на применение его в тепловых процессах.

#### Порядок выполнения работы

1. Повторить основные вопросы термодинамики.

Теплообмен (теплопередача) – обмен внутренней энергией без совершения механической работы.

Количество теплоты ( $Q$ ) – энергия, переданная в результате теплообмена.  $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$

Удельная теплоёмкость ( $c$ ) – количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг вещества на 1 К ( $1^{\circ}\text{C}$ ).

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \quad [c] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$\sum Q_{\text{отд.}} = \sum Q_{\text{пол.}} -$$

уравнение теплового баланса.

Горение:  $Q = q \cdot m$ .  $q = \frac{Q}{m}$   $[q] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

Удельная теплота сгорания ( $q$ ) – количество теплоты, выделяемое при сгорании 1 кг топлива.

Парообразование -переход вещества из жидкого состояния в газообразное.  $Q = r \cdot m$



$$r = \frac{Q}{m} \quad [r] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Удельная теплота парообразования ( $r$ ) – количество теплоты, необходимое для превращения в пар 1 кг жидкости при постоянной температуре.

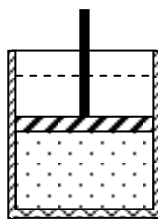
Плавление – переход вещества из твёрдого состояния в жидкое.  $Q = \lambda \cdot m$ .

$$\lambda = \frac{Q}{m} \quad [\lambda] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Удельная теплота плавления ( $\lambda$ ) – количество теплоты, необходимое для плавления 1 кг вещества при температуре плавления.

**Первый закон (начало) термодинамики:** изменение внутренней энергии  $\Delta U$  системы равно количеству теплоты  $Q$ , переданного системе, и работы  $A$ , совершенной над внешними силами.

$$\Delta U = Q + A$$



сумме  
ней

Тепловая машина – машина, совершающая механическую работу за счёт внутренней энергии топлива.

Рабочее тело – газ, совершающий работу в тепловой машине.

Нагреватель – устройство, сообщаемое рабочему телу количество теплоты  $Q_1$  при температуре  $T_1$ .

Холодильник – устройство, отнимающее от рабочего тела количество теплоты  $Q_2$  при температуре  $T_2$ .

$$\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

## 2. Решить задачи по вариантам.

В условии задач отсутствуют цифры. Значения физических параметров этих задач необходимо брать из таблицы 1: по вертикальной строке указан номер варианта, по горизонтальной – номер задачи.

1. Воду массой  $m$  нагрели с температуры  $T_1$  до  $T_2$ .

Какое количество теплоты затратили при нагреве. (

$$C_B = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К})$$

2. Определить массу нагретой воды, если для нагрева на  $\Delta T$  затратили количество теплоты  $Q$ . ( $C_B = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$ )
3. Определить массу сгоревшего каменного угля, если при сгорании выделилось  $Q$  Джоулей теплоты. ( $q = 29 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ )
4. Спирт массой  $m$  испарился. Определить количество теплоты, затраченное для выпаривания спирта. ( $r = 0.85 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ )
5. Определить количество теплоты, необходимое для расплавления оловянного слитка массой  $m$ . ( $\lambda = 0,59 \cdot 10 \text{ Дж/кг}$ ). Какое количество тепла выделится при охлаждении этого расплавленного слитка?
6. Газ под давлением  $P_1$  изобарно расширился и совершил работу 25 Дж. Насколько увеличился объем газа?
7. Термодинамической системе передано  $Q$  Дж теплоты. Как изменится внутренняя энергия системы, если она совершила работу  $A$ ?
8. При изотермическом расширении ( $T = \text{const}$ ) газом была совершена работа  $A$ . Какое количество теплоты  $Q$  сообщено газу?
9. Вычислить КПД тепловой машины, если температура нагревателя  $T_1$ , холодильника  $T_2$ .
10. Какой должна быть температура нагревателя  $T_1$ , чтобы КПД двигателя составлял  $\eta$  при температуре холодильника  $T_2$ .

	1			2		3	4	5	6	7		8		9		10	
	m кг	T <sub>1</sub> °C	T <sub>2</sub> °C	ΔT K	Q кДж	Q МДж	m г	m г	кПа	Q кДж	A Дж	A Дж	T = const	T <sub>1</sub> °C	T <sub>2</sub> °C	η	T °
<b>1</b>	1	5	85	10	100	10	200	20	100	100	50	100	-	100	20	0,9	1
<b>2</b>	2	10	90	20	200	20	400	40	200	200	100	200	-	200	30	0,8	2
<b>3</b>	3	15	95	30	300	30	600	60	300	300	150	300	-	300	40	0,7	3
<b>4</b>	4	20	100	40	400	40	800	80	400	400	200	400	-	100	25	0,6	4
<b>5</b>	5	5	85	50	500	50	100	10	500	500	250	500	-	200	35	0,5	5
<b>6</b>	6	10	90	60	600	60	200	12	600	600	300	600	-	300	45	0,4	6
<b>7</b>	7	15	95	70	700	70	300	14	700	700	350	700	-	100	30	0,95	7
<b>8</b>	8	20	100	80	800	80	400	16	800	800	400	800	-	200	40	0,85	8
<b>9</b>	9	5	85	90	900	90	500	18	900	900	450	900	-	300	50	0,75	9
<b>10</b>	1	10	90	100	100	100	600	20	100	100	500	100	-	400	60	0,35	10

### Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

## Тема 3.1 Электрическое поле

### Практическая работа № 7

#### Решение задач по теме «Электростатика»

**Цель работы:** изучить электрическое поле, знать его природу, его действие на электрические заряды и другие электрические поля.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

#### Задание

1. Выявить причину появления электрических зарядов, природу электрического поля, принцип и способы взаимодействия электрических зарядов.
2. Выяснить практическое значение явления электризации и его использование в быту, природе, науке, производстве, его вредное и полезное действие.
3. Применить изученный материал при решении задач на закон Кулона, закон сохранения электрического заряда, принцип суперпозиции полей, напряжённость электрического поля.

#### Порядок выполнения работы

1. Повторить основные вопросы темы «Электростатика»

**Наэлектризованное тело** – тело, обладающее свойствами, проявляющимися в электрических явлениях.

Необходима количественная мера свойств наэлектризованного тела.

**Электрический заряд** ( $Q$ ;  $q$ ) – мера свойств наэлектризованных тел, проявляющихся в электрических явлениях [ $Q$ ] = 1 Кл – кулон.

Взаимодействия наэлектризованных тел относят к *электромагнитным взаимодействиям*.

**Электризация** – процесс сообщения телу (либо перераспределения между частями тела) электрического заряда.

- Одним из способов электризации является трение.
- Из опытов известно, что существует два вида электрических зарядов. Их условно называют положительными и отрицательными.

**Точечный заряд** – заряд, расположенный на теле, размеры которого пренебрежимо малы.

Из опытов известно:

1) одноимённые заряды отталкиваются, разноимённые – притягиваются;  
 2) наименьший (элементарный) электрический заряд, существующий в природе – заряд электрона  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ .

- Заряд тела  $q = N \cdot e$ , где  $N$  – количество элементарных зарядов  $e$  в заряде  $q$ .

**Закон сохранения электрического заряда:** в электрически замкнутой системе тел полный электрический заряд (сумма величин положительного и отрицательного зарядов) остаётся постоянным. Значит, электрический заряд не возникает из ничего и не исчезает бесследно и может переходить от одного тела к другому при электромагнитных взаимодействиях.

$$F_k = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

**Закон Кулона:** электрическая (кулоновская) сила  $F_k$  взаимодействия двух точечных электрических зарядов  $q_1$  и  $q_2$  в вакууме прямо пропорциональна произведению их величин, обратно пропорциональна квадрату расстояния  $r$  между ними и направлена вдоль прямой, соединяющей эти заряды.

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

$$F_k = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

коэффициент пропорциональности.

В ряде случаев для упрощения расчётов  $k$  удобно представлять в виде:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

Тогда:

**Электрическая постоянная** – коэффициент  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$ .

- Сила взаимодействия зарядов в среде меньше, чем в вакууме.

**Относительная диэлектрическая проницаемость среды ( $\epsilon$ )** – величина, показывающая, во сколько раз сила взаимодействия зарядов в среде ( $F_c$ ) меньше, чем в вакууме ( $F_k$ ).

**Абсолютная диэлектрическая проницаемость среды** – произведение  $\epsilon_0 \cdot \epsilon$ .

**Электрическое поле** – особый вид материи, проявляющийся во взаимодействии с электрическими зарядами., существует вокруг каждого заряда и заряды взаимодействуют друг с другом посредством этого поля.

**Напряжённость электрического поля** ( $\vec{E}$ ) – векторная физическая величина, численно равная силе, с которой поле действует на единичный точечный положительный заряд, помещённый в данную точку поля.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad [E] = 1 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} = 1 \frac{\text{В}}{\text{м}} \quad \vec{E} - \text{силовая характеристика точки электрического поля}$$

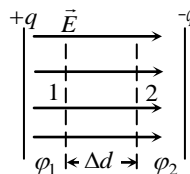
$$E = k \frac{Q}{\varepsilon \cdot r^2}$$

поля.

**Работа поля по перемещению заряда**

$A = q \cdot E \cdot \Delta x$ , где  $\Delta x$  – разность координат конечного и начального положений заряда.

$A = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)$ , где  $\varphi_1 - \varphi_2$  – разность потенциалов.



**Связь напряжённости и разности потенциалов**

$$E = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2)}{\Delta d} \quad [E] = 1 \frac{\text{В}}{\text{м}}, \text{ т. е. напряжённость}$$

однородного электрического поля численно равна разности потенциалов на единице длины силовой линии.

**Электрическая ёмкость проводника** ( $C$ ) – отношение

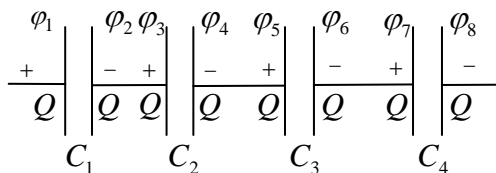
заряда  $Q$  проводника к его потенциалу  $\varphi$ .  $[C] = 1 \frac{\text{Кл}}{\text{В}} = 1 \text{ Ф}$  –

$$C = \frac{Q}{\varphi}$$

фарад

**Конденсатор** – система двух проводников (обкладок), разделённых слоем диэлектрика, предназначенная для накопления и хранения заряда.

Ёмкость *плоского* конденсатора (обкладки – плоские пластины) определяют по формуле: , где  $S$  – площадь обкладки;  $d$  – расстояние между обкладками.



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

**Соединение**

**конденсаторов:**

**Последовательное соединение конденсаторов** – соединение, при котором после зарядки отрицательно (положительно) заряженная

обкладка предыдущего конденсатора соединена с положительно (отрицательно) заряженной обкладкой последующего.

$$\Rightarrow \boxed{\frac{1}{C_{\text{бат}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$

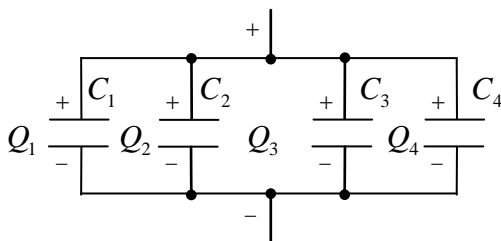
$$\boxed{\frac{1}{C_{\text{бат}}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}}$$

### Параллельное

### соединение

### конденсаторов –

соединение, при котором после зарядки все положительно заряженные обкладки собраны в один узел, все отрицательно заряженные – в другой.



$$\boxed{C_{\text{бат}} = \sum_{i=1}^n C_i}$$

$$\boxed{C_{\text{бат}} = C_1 + \dots + C_n}$$

### 2. Решить задачи по вариантам

В условии некоторых задач отсутствуют цифры. Значения физических параметров этих задач необходимо брать из таблицы 1: по вертикальной строке указан номер варианта, по горизонтальной – номер задачи.

1. С какой силой взаимодействуют два заряда  $q_1$  и  $q_2$ , находящиеся на расстоянии  $r$  в среде с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ ?
2. На каком расстоянии друг от друга заряды  $q_1$  и  $q_2$  взаимодействуют с силой  $F$ , если относительная диэлектрическая проницаемость среды  $\epsilon$  ( $q_1$ ,  $q_2$  и  $\epsilon$  из задачи №1)?
3. Определить величину каждого из двух одинаковых зарядов, если в среде с относительной диэлектрической проницаемостью среды  $\epsilon$  на расстоянии  $r$  друг от друга они взаимодействуют с силой  $F$ .
4. Определить напряжённость поля в точке, где действует электрическая сила  $F$  на пробный заряд  $q$ .
5. Найти напряжённость поля, образованного точечным зарядом  $q=10\text{мкКл}$ . на расстоянии  $r$  в среде с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ .
6. В однородном электрическом поле напряжённостью  $E$  перемещается по силовой линии заряд  $q=10\text{мкКл}$ . Определите работу электрического поля, если перемещение составило  $\Delta X$ .

7. Напряжение между точками электрического поля по силовой линии равно  $U$ , расстояние между ними  $\Delta X$  (из задачи №6). Какова напряжённость поля?
8. Какую работу нужно совершить для того, чтобы заряд  $q=10\text{нКл}$  переместился из точки поля с потенциалом  $\phi_1$  в точку с потенциалом  $\phi_2$ ? Схему перемещения заряда в электрическом поле изобразить графически.
9. Какова ёмкость проводника, потенциал которого изменяется на  $\Delta\phi$  при сообщении ему заряда  $q=9\text{нКл}$  ?
10. Определить ёмкость батареи  $C_{\text{бат.}}$ , если конденсаторы с ёмкостями  $C_1=10\text{пФ}$ ,  $C_2=15\text{пФ}$  и  $C_3=20\text{пФ}$  соединили: а) последовательно; б) параллельно. Схемы соединения конденсаторов начертить.



№ вар	1				2	3			4		5		6		7	8		9
	q <sub>1</sub> нКл	q <sub>2</sub> нКл	г см	ε	F мН	ε	г с м	F мН	F мН	q нКл	г с м	ε	E Н/К л	ΔX см	U В	φ <sub>1</sub> В	φ <sub>2</sub> В	Δφ В
1	1	1	2	81	10	1	2	90	10	5	1	1	10	35	110	100	500	100
2	2	2	4	2,1	20	2	4	80	20	10	1	2	20	34	220	200	400	200
3	3	3	6	2,5	30	3	6	70	30	15	1	3	30	33	330	300	350	300
4	4	4	8	2,1	40	4	8	60	40	20	1	4	40	32	110	400	200	400
5	5	5	10	6	50	5	2	50	50	25	1	5	50	31	220	500	100	500
6	6	6	2	7	60	6	4	40	60	30	5	6	60	30	330	600	1000	600
7	7	7	4	81	70	7	6	30	70	35	5	7	70	29	110	700	900	700
8	8	8	6	2,1	80	8	8	20	80	40	5	8	80	28	220	800	850	800
9	9	9	8	2,5	90	9	2	10	90	45	5	9	90	27	330	900	700	900
10	10	10	10	2,1	10	1	4	50	10	50	5	1	10	26	110	100	600	110

## Тема 3.2 Законы постоянного тока

### Практическая работа № 8

#### Решение задач по теме «Смешанное соединение проводников»

**Цель работы:** научиться рассчитывать электрические цепи при смешанном (комбинированном) соединении проводников (потребителей).

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

#### Задание

1. Изучить правила последовательного соединения проводников.
2. Изучить правила параллельного соединения проводников.
3. Используя правила последовательного и параллельного соединения проводников, рассчитать параметры электрического тока при смешанном соединении проводников.

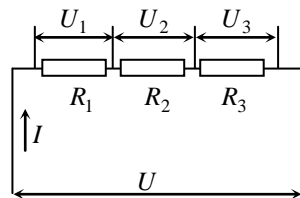
#### Порядок выполнения работы

1. Повторить правила соединения проводников.

#### Последовательное соединение проводников

Последовательное соединение проводников – соединение, при котором проводники образуют единую цепь, размыкание которой в любом месте приводит к прекращению тока во всей цепи.

При последовательном соединении проводников:



$$U = U_1 + \dots + U_n$$

$$I = \text{const}$$

$$R = R_1 + \dots + R_n$$

или

$$U = \sum_{i=1}^n U_i$$

$$I = \text{const}$$

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

## Параллельное соединение проводников

Параллельное соединение проводников – соединение, при котором начала всех проводников собраны в один узел, концы – в другой, и отключение от электрической цепи любого из этих проводников не приводит к отключению остальных.

При параллельном соединении проводников:

$$U = \text{const}$$

$$I = I_1 + \dots + I_n$$

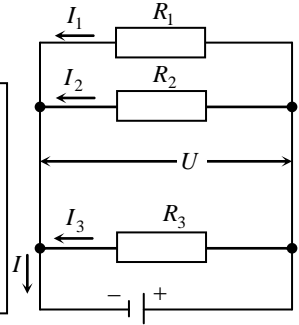
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

или

$$U = \text{const}$$

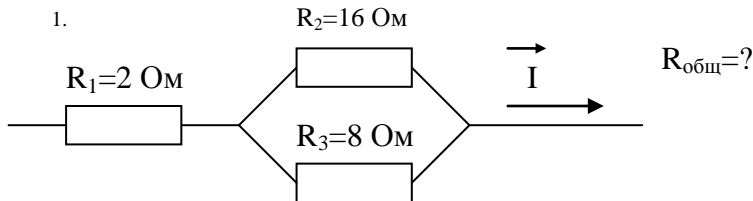
$$I = \sum_{i=1}^n I_i$$

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

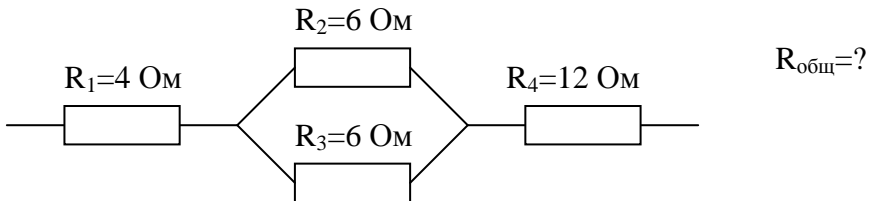


### Решить задачи

1.



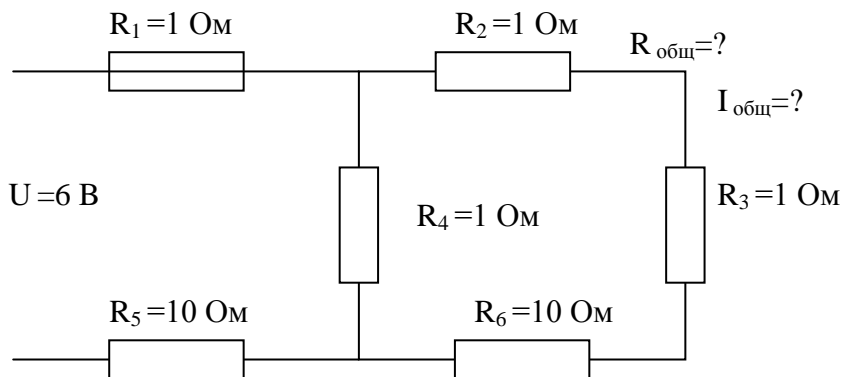
2.



3. Восемь резисторов по два последовательно соединили в 4 параллельные ветви. Сопротивление каждого резистора 4 Ом. Найти общее сопротивление всех резисторов.

4. Восемь резисторов по 4 последовательно соединили в 2 параллельные ветви. Определить общее сопротивление всех резисторов, если сопротивление каждого резистора 20 Ом.

5.



**Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

## Тема 3.2 Законы постоянного тока Практическая работа №9

### Решение задач по теме «Законы Ома»

**Цель работы:** научиться применять законы Ома при решении задач

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы

**Задание**

1. изучить законы Ома
2. используя законы Ома, рассчитать параметры электрического тока

**Порядок выполнения работы**

1. Повторить законы Ома

**Законы Ома**

В 1826 году немецким физиком Георгом Омом (1787-1854 гг.) экспериментально было обнаружено, что отношение напряжения (разности потенциалов) на концах металлического проводника к силе тока есть величина постоянная:

Эта величина называется омическим (активным) сопротивлением, или просто сопротивлением.

**Закон Ома для участка цепи**

Сила тока прямо пропорциональна напряжению на концах участка цепи и обратно пропорциональна сопротивлению этого участка:

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

где  $U$  – напряжение на концах участка цепи, В;

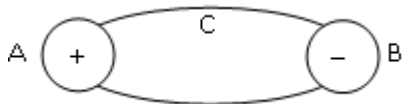
$R$  – сопротивление этого участка, Ом.

Произведение силы тока и сопротивления участка цепи называется падением напряжения на этом участке цепи.

**Закон Ома для всей цепи**

Возьмем два заряженных проводника А и В. Соединим их проводником АСВ. Положительный заряд под действием сил электрического поля Фэл будет двигаться к точке В до пор пока

потенциалы тел А и В станут равными.



Для поддержания тока необходимо, чтобы положительные заряды вернулись в точку А. Для этого на заряды должны действовать сторонние силы  $F_{ст.}$ , направленные против сил электрического поля.

Тогда на участке АСВ заряды будут двигаться под действием сил электрического поля  $F_{эл.}$ , а на участке ВДА – под действием сторонних сил  $F_{ст.}$ .

Сторонние силы совершают работу против сил электрического поля  $F_{эл.}$  и действуют внутри источника тока (участок ВДА).

Количественной характеристикой сторонних сил (источника тока) является электродвижущая сила (ЭДС):

Согласно закону Ома для участка цепи, напряжение на проводнике  $U = I \cdot R$ . Работа сторонних сил  $A_{ст.} = A_{потр.} + A_{ист.}$ .  
 $A_{потр.}$  – работа электрического поля по перемещению заряда от точки А к точке В;  $A_{потр.} = q \cdot U = q \cdot I \cdot R$ .

Источник тока обладает внутренним сопротивлением  $r$ . Работа по перемещению заряда внутри источника тока:

$$A_{ист.} = I \cdot r \cdot q$$

$$A_{ст.} = \varepsilon \cdot q.$$

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

Закон Ома для всей цепи: сила тока в электрической цепи прямопропорциональна ЭДС источника тока и обратно пропорциональна полному сопротивлению цепи.

$R$  – внешнее сопротивление цепи (общее сопротивление потребителей электрической энергии), Ом;

$r$  – внутреннее сопротивление цепи (сопротивление источника тока), Ом;

$R + r$  – полное сопротивление цепи, Ом.

## 2. Решить задачи

1. Электрический паяльник рассчитан на напряжение 120 В при токе 4,0 А. Какой длины необходимо взять нихромовый провод

поперечным сечением  $3,9 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$  для изготовления нагревательного элемента?

2. Определите падение напряжения в линии электропередачи длиной 500 м при силе тока 15 А. Проводка выполнена алюминиевым проводом сечением  $1,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$ .

3. К проводнику длиной 6,0 м и поперечным сечением  $10^{-6} \text{ м}^2$  приложена разность потенциалов 5,0 В. Определите удельное сопротивление проводника, если сила тока в цепи 1,5 А.

4. Источником тока в цепи служит батарея с эдс 30 В. Напряжение на зажимах батареи 18 В, а сила тока в цепи 3,0 А. Определите внешнее и внутреннее сопротивление этой цепи.

5. Эдс источника тока 6 В. При внешнем сопротивлении цепи 1 Ом ток равен 3 А. Найдите ток короткого замыкания.

6. Батарея накала электронной лампы имеет эдс 6,0 В. Для накала лампы необходимо напряжение 4,0 В при силе тока 80 мА. Внутреннее сопротивление батареи 0,2 Ом. Чему должно быть равно сопротивление резистора, который необходимо включить последовательно с нитью лампы во избежание ее перегрева?

7. Кислотный аккумулятор с эдс 2,0 В при замыкании на внешнее сопротивление 4,8 Ом дает ток 0,4 А. Определите внутреннее сопротивление аккумулятора и напряжение на его зажимах.

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

9. К источнику тока с эдс 120 В и внутренним сопротивлением 5,0 Ом присоединена цепь, состоящая из двух проводников по 80 Ом каждый, соединенных между собой параллельно, и третьего проводника сопротивлением 15 Ом, подключенного последовательно к первым двум. Чему равна сила тока во втором проводнике.

### **Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

**Тема 3.2 Законы постоянного тока**  
**Практическая работа №10**  
**Решение задач на формулы работы и мощности тока**

**Цель работы:** научиться решать задачи, используя формулы работы тока и мощности

**Количество часов: 2**

**Материальное обеспечение:** индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы

**Задание**

Используя формулы работы и мощности тока рассчитать параметры электрического тока.

**Порядок выполнения работы**

1. Повторить формулы работы и мощности тока.

**Работа и мощность тока**

Работу сил электрического поля, создающего упорядоченное движение заряженных частиц в проводнике, т. е. электрический ток, называют работой тока:

$$A = I U \Delta t,$$

где  $A$  – работа электрического тока на участке цепи, Дж;

$I$  – сила тока на данном участке цепи, А;

$U$  – напряжение на участке цепи, В;

$\Delta t$  – время прохождения тока по участку цепи, с.

где  $P$  – мощность тока, Вт.

Если на участке цепи вся энергия переходит во внутреннюю энергию проводника (не совершается механическая работа), то  $Q = I^2 R \Delta t$  – закон Джоуля-Ленца.

$Q$  – количество теплоты, выделившееся в проводнике, Дж.

2. Решить задачи

1. Электродвигатель, сопротивление обмотки которого 0,4 Ом, работает от сети с напряжением 300 В при токе 50 А. Определите качество израсходованной энергии за 5 ч., совершенную двигателем механическую работу и количество теплоты, выделенной в обмотке.

2. Автомобильный стартер за 10 с работы потребляет энергию 6,0·10<sup>4</sup> Дж. Какова сила тока, проходящего через стартер во время запуска двигателя, если напряжение на его клеммах 12 В?



3. Сварочным аппаратом, работающим от сети напряжением 45 В за 20 минут было израсходовано 5,4 кВт\*час энергии. При какой силе тока протекала дуговая сварка ?
4. Электрический утюг мощностью 800 Вт работает от сети 220 В . Определить силу тока в нагревательном элементе и его сопротивление в рабочем состоянии утюга. Сколько энергии будет израсходовано за 1,5 часа непрерывной работы утюга ?
5. В сеть напряжением 120 В последовательно с электрической дугой включен реостат . Падение напряжения на электродах дуги 45 В , сила тока в цепи 12 А. Определить мощность , потребляемую дугой и к.п.д. установки.
6. Резистор подключен к источнику тока, напряжение на зажимах которого 6 В. Какая работа совершается током, если за 0,5 минут через резистор проходит заряд 24 Кл? Определить мощность тока и сопротивление резистора.
7. Какая мощность потребляется дуговой сталеплавильной печью, работающей от источника напряжением 220 В при силе тока 30000 А? Определить стоимость электрической энергии , израсходованной за 5 часов работы печи, по действующему тарифу.
8. Напряжение на зажимах генератора 132 В, а у потребителя - 127 В. Определить падение напряжения в магистральных проводах и сопротивление , если мощность тока у потребителя равна 5 кВт.

#### **Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

### **Тема 3.5 Электромагнитная индукция**

#### **Практическая работа № 11**

#### **Решение задач по теме «Электромагнитная индукция».**

**Цель работы:** научиться рассчитывать параметры магнитного поля и индукционного тока, используя закон электромагнитной индукции

**Количество часов: 2**

**Материальное обеспечение:** индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы

**Задание**

1. изучить явление электромагнитной индукции и закон электромагнитной индукции

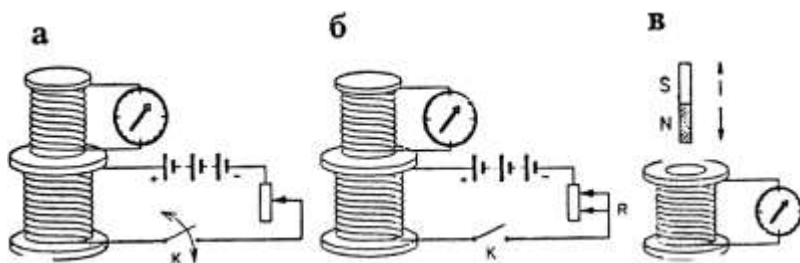
2. используя закон электромагнитной индукции рассчитать параметры магнитного поля и индукционного тока

**Порядок выполнения работы:**

1. Повторить явление электромагнитной индукции и закон электромагнитной индукции

**Явление электромагнитной индукции**

В 1831 году английский физик М. Фарадей серией опытов показал, что с помощью переменного магнитного поля можно создать в замкнутом проводящем контуре электрический ток.



Явление электромагнитной индукции – возникновение электрического тока в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего контур. Ток, возникающий в контуре, называется индукционным (наведенным), а создающую его ЭДС называют ЭДС индукции. Первоначально индукция была открыта в неподвижных друг относительно друга проводниках при замыкании и размыкании цепи одной из катушек (рис. 44 а) при изменении силы тока в одной из катушек, магнитное поле, которой пронизывает вторую катушку, в ней возникает индукционный ток (рис. 44 б) индукционный ток возникает также в проволочной катушке при движении постоянного магнита внутрь катушки и при выдвигании магнита из нее (рис. 44 в).

Закон электромагнитной индукции:

ЭДС индукции в замкнутом контуре равна по модулю скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром:

$$\varepsilon_i = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$$

где  $\varepsilon_i$  – ЭДС индукции, В;

$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$  – изменение магнитного потока, Вб;

$\Delta t$  – промежуток времени, в течение которого произошло данное изменение, с;

$\left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$  – скорость изменения магнитного потока, .

С учетом направления индукционного тока закон записывается

так: 
$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

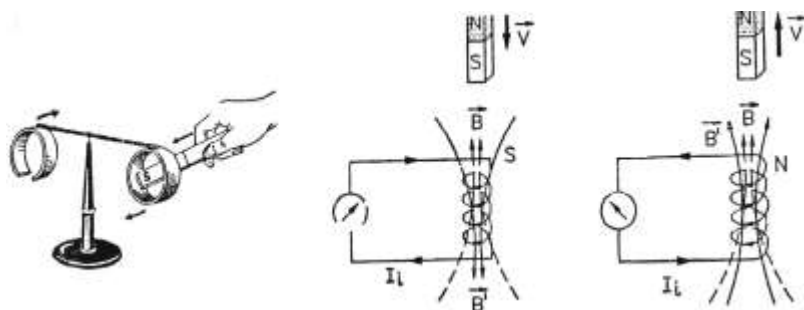
Если замкнутый контур состоит из  $N$  последовательно соединенных витков (например, в соленоиде)

$$\varepsilon_i = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

где  $N$  – число витков.

Направление индукционного тока в замкнутом проводнике можно определить по правилу, установленном в 1833 году русским физиком Э.Х. Ленцем. Согласно правилу Ленца:

Индукционный ток, возникающий в замкнутом контуре, своим магнитным потоком препятствует тому изменению магнитного потока, которым он вызван.



При вдвигании магнита в соленоид число линий магнитной индукции (или магнитный поток) увеличивается, следовательно, индукционный ток в нем имеет такое направление, что созданное этим током магнитное поле препятствует нарастанию внешнего магнитного поля. В этом случае вектор индукции этого поля направлен противоположно вектору индукции внешнего поля (рис. 46 а). Самостоятельно объясни рис. 46 б.

ЭДС индукции в проводнике, движущемся в однородном магнитном поле, определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_i = B \cdot v \cdot \ell \sin \alpha,$$

где  $v$  – скорость в проводнике, м/с;

$\ell$  – длина проводника, м;

$B$  – магнитная индукция, Тл.;

$\alpha$  – угол между векторами скорости и магнитной индукции.

Направление индукционного тока в движущемся проводнике можно определить по правилу правой руки. Если правую руку расположить так, чтобы линии магнитной индукции входили в ладонь, а отогнутый на  $90^\circ$  большой палец совпадал с направлением движения проводника, то вытянутые четыре пальца укажут направление индукционного тока.

## 2. Решить задачи

1. Прямолинейный проводник длиной 0,4 м движется в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл, при этом в нем индуцируется ЭДС 0,174 В. Чему равна скорость движения проводника, если угол между вектором индукции поля и скоростью составляет  $60^\circ$ ?

2. Под каким углом к силовым линиям магнитного поля с индукцией 0,5 Тл должен двигаться проводник длиной 2,0 м, чтобы при скорости 0,5 м/с на его концах возбуждалась ЭДС индукции, равная 0,35 В?

3. Проводник длиной 1,5 м перемещается в однородном магнитном поле с индукцией 0,2 Тл. Движение проводника происходит со скоростью 10 м/с под углом  $45^\circ$  к магнитным силовым линиям. Найдите ЭДС индукции, возникающую в проводнике.

4. Какой магнитный поток пронизывает контур, если при равномерном исчезновении магнитного поля в течение 0,2 с в катушке индуцируется ЭДС, равная 0,02 В?

5. В проводнике длиной 0,50 м, движущемся со скоростью 3,0 м/с перпендикулярно силовым линиям однородного магнитного поля, возникает ЭДС  $6,0 \cdot 10^{-2}$  В. Определите индукцию магнитного поля.

6. Определите промежуток времени, в течение которого магнитный поток, пронизывающий контур, должен увеличиться от 0,01 до 0,20 Вб, чтобы в контуре возбуждалась ЭДС индукции 3,8 В.

7. Определите ЭДС индукции на концах крыльев самолета, имеющих длину 12 м, если скорость его при горизонтальном полете 250 м/с, а вертикальная составляющая магнитной индукции земного магнетизма  $5,0 \cdot 10^{-5}$  Тл.

8. В однородном магнитном поле под углом  $30^\circ$  к направлению вектора индукции, величина которого  $5,0 \cdot 10^{-3}$  Тл, движется проводник со скоростью 10 м/с; вектор скорости перпендикулярен проводнику. Определите длину проводника, если в нем наводится ЭДС, равная  $2,5 \cdot 10^{-2}$  В.

9. Трактор общего назначения К-700 идет со скоростью 28 км/ч. определите разность потенциалов на концах передней оси, если длина ее около 2,6 м, а вертикальная составляющая магнитного поля Земли  $5,0 \cdot 10^{-5}$  Тл.

10. Чему равна ЭДС самоиндукции, возникающая в катушке с индуктивностью  $2,0 \cdot 10^{-2}$  Г, в которой ток силой  $7,5 \cdot 10^{-2}$  А исчезает за  $2,0 \cdot 10^{-2}$  с?

**Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

## Тема 4.1 Механические колебания и волны

### Практическая работа №12

#### Решение задач на параметры колебательного движения

**Цель работы:** научиться отличать колебательное движение от других видов механического движения, рассчитывать его параметры.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

#### Задание

1. Привести примеры колебательного движения, встречающегося в быту, на производстве, в природе.
2. Рассчитать параметры колебательного движения в приведённых задачах.

#### Порядок выполнения работы

1. Повторить параметры колебательного движения

#### Механические колебания.

**Механическое колебание** – периодически повторяющееся движение тела (точки) по какой-либо траектории поочередно в противоположных направлениях.

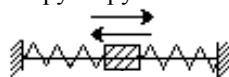
**Механическая колебательная система (МКС)** – система тел, в которой происходят механические колебания.

Примеры МКС:

1. Груз на нити и Земля

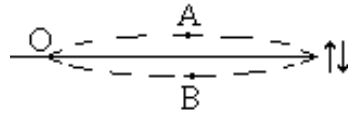
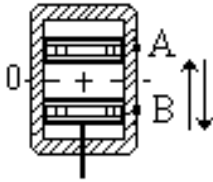


2. Груз–пружина



пружинный маятник

3. Поршень в цилиндре двигателя
4. Струна



**Положение устойчивого равновесия** (т.О) – положение, равноудалённое от крайних точек траектории (А и В).

**Полное колебание** – один законченный цикл колебаний, после которого тело возвращается в исходное состояние.

Выделяют три вида колебаний: 1) собственные; 2) свободные; 3) вынужденные.

**Собственные колебания** – колебания, совершаемые телом под действием одной только возвращающей силы.

- В природе таких колебаний нет, т. к. помимо возвращающей силы действует сила сопротивления среды.

**Свободные колебания** – колебания, совершаемые телом под действием двух сил: возвращающей и сопротивления среды.

- С уменьшением механической энергии тела свободные колебания затухают.
- Чем меньше сопротивление среды, тем меньше различие между свободными и собственными колебаниями.

**Вынуждающая (внешняя) сила** ( $F_{\text{вын}}$ ) – периодически меняющаяся сила, действующая на тело независимо от возвращающей силы и приводящая к возникновению колебаний.

**Вынужденные колебания** – колебания, совершаемые телом под действием вынуждающей силы.

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

### Параметры колебания

**Период** ( $T$ ) – время, за которое тело совершает одно полное колебание.  $[T] = 1 \text{ с}$  – секунда.

**Частота** ( $\nu$ ) – количество полных колебаний, совершаемых телом в единицу времени.  $[\nu] = 1 \text{ с}^{-1} = 1 \text{ Гц}$  – герц

**Смещение** ( $x$ ) – расстояние между проекциями положения устойчивого равновесия и текущего положения тела.

- Смещение – функция времени ( $x = f(t)$ ), причем, если тело сместилось в направлении оси  $X$  –  $x$  имеет знак «+», обратно – знак «-».

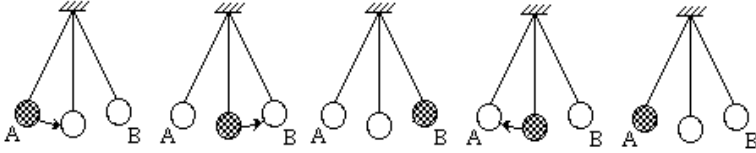
**Амплитуда** ( $A$ ) – величина максимального смещения.



**Фаза** ( $\varphi$ ) – физическая величина  $\varphi = 2\pi t$ , пропорциональная числу периодов, прошедших от начала колебаний до текущего момента времени и определяющая состояние процесса в этот момент времени.

Из  $\Delta t = \varphi \frac{T}{2\pi}$ ,  $\Rightarrow \varphi = \frac{2\pi}{T} \Delta t$  [ $\varphi$ ] = 1 рад – радиан.

Пример соответствия положения тела и значения фазы колебания через промежутки времени  $\Delta t$ :



- а)  $\Delta t = 0$   $\varphi = 0$  начало  
 б)  $\Delta t = \frac{T}{4}$   $\varphi = \frac{\pi}{2}$   
 в)  $\Delta t = \frac{T}{2}$   $\varphi = \pi$   
 г)  $\Delta t = \frac{3}{4}T$   $\varphi = \frac{3\pi}{2}$   
 д)  $\Delta t = T$   $\varphi = 2\pi$

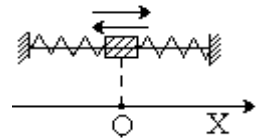
**Гармоническое колебание** – колебание, при котором смещение изменяется по закону косинуса или синуса.

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

В общем случае уравнение гармонического колебания имеет вид:

где  $x(t)$  – смещение;  $A$  – амплитуда;  $\omega$  – циклическая частота;

$t$  – время;  $\varphi_0$  – начальная фаза;  $\varphi = \omega t + \varphi_0$  – фаза.



Пусть в колебательной системе груз–пружина груз совершает собственные гармонические колебания под действием силы упругости пружины (её массой и потерей энергии на сопротивление среды пренебрегаем).

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

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

**Упругие колебания** – колебания, при которых возвращающей силой является сила упругости.

**Математический маятник** – колебательная система, состоящая из материальной точки, подвешенной на невесомой нерастяжимой нити, и Земли.

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

2. Решить задачи.

В условии некоторых задач отсутствуют цифры. Значения физических параметров этих задач необходимо брать из таблицы 1: по вертикальной строке указан номер варианта, по горизонтальной – номер задачи.

1. Сколько колебаний совершает математический маятник длиной **L** время **t**?
2. Маятник совершил **n** колебаний за время **t**. Найти период, частоту и циклическую частоту колебаний.
3. Груз массой **m** совершает колебания на пружине жесткостью 250 Н/м. Найти полную механическую энергию и частоту колебаний груза.
4. Найти массу груза, который на пружине жесткостью 250Н/м делает **n** колебаний за время **t**. (Условие по задаче № 2)
5. Уравнение колебаний имеет вид:  $X(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0)$ . Найти:  $X_0(A)$ ,  $T$ ,  $\nu$ ,  $\varphi_0$ .
6. Уравнение колебаний имеет вид:  $X = A \cos 0,5t$ . Определить  $X_0$ ,  $T$ ,  $\nu$ ,  $\varphi_0$ .
7. При измерении пульса человека было зафиксировано 75 пульсаций крови за 1 минуту. Определите период сокращений сердечной мышцы.
8. Какова частота колебаний поршня двигателя автомобиля, если за 0,5 минут поршень совершает 600 колебаний?

Таблица 1

№ п/п	1		2		3	5	6
	<b>L</b> , метр	<b>t</b> ,мин .	<b>n</b>	<b>t</b> ,мин.	<b>m</b> ,г	уравнение	<b>A</b> , метр
1	0,1	5	5	95	50	$X(t) = 2 \sin 2\pi t$	5

2	0,2	10	10	85	150	$X(t) = 4 \sin \left( \pi t + \frac{\pi}{2} \right)$	15
3	0,3	15	15	75	250	$X(t) = 6 \sin (2\pi t + \pi)$	2
4	0,4	20	20	65	350	$X(t) = 8 \sin \left( 0,5\pi t + \frac{\pi}{4} \right)$	8
5	0,5	25	25	55	450	$X(t) = 10 \sin \left( 3\pi t + \frac{3\pi}{2} \right)$	1
6	0,6	30	30	45	550	$X(t) = 12 \sin 4\pi t$	7
7	0,7	35	35	35	650	$X(t) = 14 \sin \left( 2\pi t + \frac{\pi}{2} \right)$	5
8	0,8	40	40	30	700	$X(t) = 20 \sin 2\pi t$	10
9	0,9	45	45	25	750	$X(t) = 16 \sin (\pi t + \pi)$	14
10	1,0	50	50	20	800	$X(t) = 10 \sin 4\pi t$	16

### Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

## Тема 4.2 Электромагнитные колебания и волны

### Практическая работа №13

#### Решение задач по теме «Переменный ток»

**Цель работы:** изучить магнитное поле, знать его природу, его действие на другие магнитные поля, проводник с током, движущийся заряд.

**Количество часов:** 2

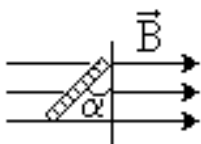
**Материальное обеспечение:** индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

#### Задание

1. Дать понятие переменного тока, повторить устройство и принцип действия индукционного генератора.
2. Выяснить практическое значение использования переменного тока в быту, науке, производстве.
3. Применить изученный материал при решении задач на параметры переменного тока: мгновенные, амплитудные и действующие значения ЭДС, напряжения и силы переменного тока.

#### Порядок выполнения работы

1. Повторить основные вопросы темы «Переменный ток»



Переменный ток – вынужденные гармонические электромагнитные колебания в проводнике.

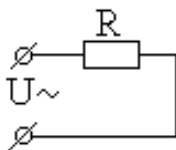
Вследствие электромагнитной индукции в рамке возникает

гармонически меняющаяся ЭДС  $\mathcal{E} = -\dot{\Phi} = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin \omega t$  или  $\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \cdot \sin \omega t$

( $\mathcal{E}_0 = BS \cdot \omega$  – амплитуда ЭДС индукции) и можно говорить, что получен переменный ток.

- Переменный ток бытовой электросети имеет частоту  $\nu = 50$  Гц и  $\omega = 2\pi\nu = 100\pi$  [рад/с].

#### Резистор в цепи переменного тока



Включим резистор сопротивления  $R$  в сеть переменного тока напряжения  $U(t) = U_0 \sin \omega t$  (\*). В каждый конкретный момент времени прохождение переменного тока в резисторе качественно ничем не отличается от

прохождения постоянного и подчиняется закону Ома:

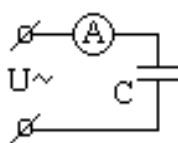
$$I(t) = \frac{U(t)}{R}. \text{ Тогда } I(t) = \frac{U_0}{R} \sin \omega t \text{ или } I(t) = I_0 \sin \omega t$$

Графики  $I(t)$  и  $U(t)$ , в одной системе координат, имеют вид:

- Вся подводимая к резистору электрическая энергия превращается в тепловую, т. е. он обладает *активным сопротивлением*.

**Активное (омическое) сопротивление ( $R$ )** – сопротивление резистора без учёта его ёмкости и индуктивности.

### Ёмкость в цепи переменного тока



Известно, что конденсатор постоянный ток не проводит (цепь между обкладками разомкнута).

Включим конденсатор ёмкости  $C$  в цепь переменного тока напряжения  $U(t) =$

$U_0 \sin \omega t$  (\*).

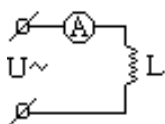
Графики  $I(t)$  и  $U(t)$  в одной системе координат, имеют вид:

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

– **ёмкостное сопротивление переменному току.**

- $X_C$  уменьшается с ростом  $\omega$  и  $C$

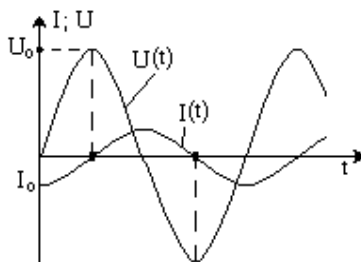
### Индуктивность в цепи переменного тока



Включим катушку индуктивности  $L$  в цепь переменного тока напряжения  $U(t) = U_0 \sin \omega t$  (\*).

(активное сопротивление провода катушки  $R \approx 0$ ).

Графики  $I(t)$  и  $U(t)$  в одной системе координат, имеют вид:



$X_L = \omega \cdot L$  – индуктивное сопротивление переменному току. ( $X_L$  растет с ростом  $\omega$  и  $L$ ).

**Действующее значение мощности переменного тока ( $P$ )** – величина, численно равная мощности постоянного тока  $P_{\text{пост}}$ , при условии, что оба тока за одинаковое время, равное периоду переменного тока  $T$ , на равных резисторах  $R$  выделяют равные количества теплоты  $Q$ .

$$\text{Из } P = P_{\text{пост}} \text{ и } U_0 = I_0 \cdot R \Rightarrow P = \frac{I_0^2 R}{2} = \frac{I_0 U_0}{2} = \frac{U_0^2}{2R}.$$

- Действующее значение мощности переменного тока часто называют **активной мощностью**.

**Действующее значение силы переменного тока ( $I$ )** – величина, численно равная силе постоянного тока  $I_{\text{пост}}$ , при условии, что оба тока за одинаковое время, равное периоду переменного тока  $T$ , на равных резисторах  $R$  выделяют равные мощности.

$$\text{Из } P = P_{\text{пост}} = I_{\text{пост}}^2 R = I^2 \cdot R = \frac{I_0^2 R}{2} \Rightarrow I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}.$$

**Действующее значение напряжения переменного тока ( $U$ )** – величина, численно равная напряжению постоянного тока  $U_{\text{пост}}$ , при условии, что оба тока за одинаковое время, равное периоду переменного тока  $T$ , на равных резисторах  $R$  выделяют равные мощности.

$$\text{Из } P = P_{\text{пост}} = \frac{U_0^2}{2R} = \frac{U^2}{R} \Rightarrow U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}.$$

- На практике нас редко интересуют амплитудные или мгновенные значения силы, напряжения или мощности переменного тока. Интерес представляют их *действующие* значения.

### Закон Ома для переменного тока

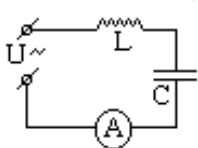
Известно, что в цепях переменного тока: а) для активного сопротивления  $R$ :  $I_0 = \frac{U_0}{R}$ ;

б) для ёмкости  $C$ :  $I_0 = \frac{U_0}{X_C}$ ; в) для индуктивности  $L$ :  $I_0 = \frac{U_0}{X_L}$ .

Учтя, что  $I_0 = I \cdot \sqrt{2}$  и  $U_0 = U \cdot \sqrt{2}$ , получим закон Ома для переменного тока для резистора, ёмкости и индуктивности:

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

### Резонанс в цепи переменного тока



Соберём цепь из катушки индуктивности  $L$ , конденсатора  $C$ , амперметра переменного тока  $A$  и источника переменного напряжения  $U = U_0 \cdot \sin \omega t$  с изменяемой частотой  $\omega$ .

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

Активное сопротивление проводов и катушки индуктивности  $R \approx 0$ .

Фиксируя  $U_0 = \text{const}$  и изменяя частоту  $\omega$  от 0 до максимально возможного значения, снимем зависимость силы действующего

тока в цепи  $I(\omega)$ . Оказалось, что на частоте  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

наблюдается резкое увеличение тока.

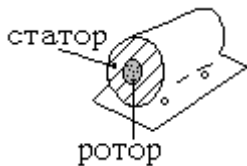
**Резонанс** – явление резкого возрастания амплитуды вынужденных электромагнитных колебаний при совпадении частоты вынуждающего напряжения с собственной частотой колебаний контура.

Электромагнитный резонанс (как и механический) наступает при совпадении частоты внешних воздействий с собственной частотой колебаний системы, при этом активное сопротивление действует аналогично силе трения – переводит энергию колебаний в энергию потерь (тепло).

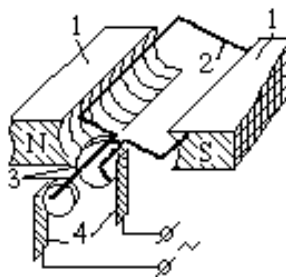
Для разных  $R$  (при постоянных  $L, C$ ) кривые  $I(\omega)$  имеют вид:

- При значительных  $R$  резонанс может быть практически незаметным.
- Резонанс широко используют в радиотехнике (при настройке контура радиоприёмника на частоту выбранной радиостанции и пр.).

### Генератор переменного тока (ГПТ)



Простейший ГПТ состоит из: постоянных магнитов 1; контура 2;



контактных колец 3; щеток 4. При вращении контура с угловой скоростью  $\omega$  его магнитный поток

$\Phi = BS \cdot \cos \omega t$  и ЭДС  $\varepsilon = -\Phi' = \varepsilon_0 \cdot \sin \omega t$ . Для контура из  $n$  витков  $\varepsilon = n \cdot \varepsilon_0 \cdot \sin \omega t$ .

Конструктивно ГПП состоит из двух основных частей:

неподвижной – **статора** и вращающейся – **ротора**, изготовленных из электротехнической стали.

- С целью увеличения КПД генератора (более полного использования магнитного потока) зазор между статором и ротором делают минимальным.

значительно улучшаются.

### Трансформатор

**Трансформатор** – устройство, предназначенное для изменения значений напряжения и силы переменного тока.

- Трансформатор был сконструирован в 1876 г. Петром Николаевичем Яблочковым (1847–1894, Россия).

Простейший трансформатор состоит из замкнутого стального сердечника и двух надетых на него катушек с обмотками. Одна обмотка – **первичная** – подключается к источнику переменного напряжения, другая – **вторичная** – к потребителю. Ток первичной обмотки создает в сердечнике переменное магнитное поле, которое пронизывает витки вторичной обмотки и наводит в ней ЭДС индукции.

Пусть первичная обмотка содержит  $N_1$  витков, вторичная –  $N_2$  витков и к первичной обмотке приложено переменное напряжение  $U_1$ .

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = K$ , где  $K$  – коэффициент трансформации.

- Если  $N_2 > N_1$ , то трансформатор называют **повышающим**,  $N_2 < N_1$  – **понижающим**.

## 2. Решить задачи по вариантам

В условии задач отсутствуют цифры. Значения физических параметров этих задач необходимо брать из таблицы 1: по вертикальной строке указан номер варианта, по горизонтальной – номер задачи.

1. ЭДС индукции, возникшая в рамке при вращении её в однородном магнитном поле, изменяется по закону  $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \cdot \sin \omega t$  (см. таблицу 1). Определить амплитудное



значение ЭДС, мгновенное значение ЭДС при  $t=0,002\text{с}$ , период и частоту тока.

2. Магнитный поток в рамке, равномерно вращающейся в однородном магнитном поле, изменяется по закону  $\Phi=\Phi_0\cos 6280t$ . Найти зависимость ЭДС индукции, возникающей в рамке, от времени и определить амплитудные и действующие значения ЭДС, период и частоту тока.
3. Определить действующее значение силы тока, изменяющегося по закону  $I(t)=I_0\cdot\sin 54t$ .
4. Определить частоту переменного тока, циклическая частота которого равна 110 л.
5. Конденсатор ёмкостью  $10^{-4}\text{Ф}$  включен в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определить ёмкостное сопротивление конденсатора.
6. Конденсатор ёмкостью  $C$  включен в сеть промышленного тока. Определить ёмкостное сопротивление.
7. Катушка индуктивностью 0,5 Гн включена в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определить индуктивное сопротивление катушки.
8. Катушка индуктивностью  $L$  включена в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определить индуктивное сопротивление катушки.
9. Напряжения первичной и вторичной обмоток трансформатора  $U_1$  и  $U_2$  соответственно. Число витков вторичной обмотки  $N_2$ . Определить: число витков первичной обмотки  $N_1$ , коэффициент трансформации  $K$  и вид трансформатора (повышающий или понижающий), ответ пояснить.
10. Определить мощности первичной и вторичной цепей трансформатора  $P_1$  и  $P_2$ , если известны: напряжения  $U_1$  и  $U_2$ , ток  $I_1$  первичной обмотки. Рассчитать коэффициент трансформации  $K$  и указать вид трансформатора (повышающий или понижающий), ответ пояснить.

#### **Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>9</b>			<b>10</b>		
	-	$\Phi_0$ Вб	$I_0$ , А	$C$ , мкФ	$L$ , мГн	$U_1$ В	$U_2$ В	$N_2$ шт	$U_1$ В	$U_2$ В	$I_1$ А
<b>1</b>	$\varepsilon(t)=110 \cdot \sin 100\pi t$	0,01	100	1	10	220	1100	5	1100	220	0,1
<b>2</b>	$\varepsilon(t)=120 \cdot \sin 200\pi t$	0,02	200	2	20	220	1100	10	1100	220	0,2
<b>3</b>	$\varepsilon(t)=130 \cdot \sin 300\pi t$	0,03	300	3	30	220	1100	20	1100	220	0,3
<b>4</b>	$\varepsilon(t)=140 \cdot \sin 400\pi t$	0,04	400	4	40	220	1100	25	1100	220	0,4
<b>5</b>	$\varepsilon(t)=150 \cdot \sin 500\pi t$	0,05	500	5	50	220	1100	30	1100	220	0,5
<b>6</b>	$\varepsilon(t)=160 \cdot \sin 600\pi t$	0,06	600	6	60	220	1100	35	1100	220	0,6
<b>7</b>	$\varepsilon(t)=170 \cdot \sin 700\pi t$	0,07	700	7	70	220	1100	40	1100	220	0,7
<b>8</b>	$\varepsilon(t)=180 \cdot \sin 800\pi t$	0,08	800	8	80	220	1100	45	1100	220	0,8
<b>9</b>	$\varepsilon(t)=190 \cdot \sin 900\pi t$	0,09	900	9	90	220	1100	50	1100	220	0,9
<b>10</b>	$\varepsilon(t)=110 \cdot \sin 50\pi t$	0,11	990	10	99	220	1100	55	1100	220	1

## Тема 4.2 Электромагнитные колебания и волны

### Практическая работа №14

#### Решение задач по теме «Электромагнитные колебания и волны»

**Цель работы:** научиться рассчитывать параметры переменного тока, технические характеристики трансформатора, параметры ЭМВ.

**Количество часов:** 2

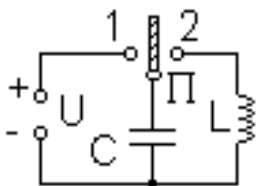
**Материальное обеспечение:** индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

#### Задание

1. Изучить основные энергетические процессы, происходящие в колебательном контуре, формулу Томсона и уметь применять её в решении задач.
2. Применить формулы, связывающую длину волны с частотой (периодом) и скоростью распространения волн при решении задач.

#### Порядок выполнения работы

1. Повторить основные вопросы темы «Электромагнитные колебания и волны»



Колебательный контур – электромагнитная колебательная система, состоящая из конденсатора  $C$  и катушки индуктивности  $L$ .

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ – собственная}$$

циклическая частота колебаний в контуре.

$$\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ – собственная частота колебаний в контуре.}$$

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \text{ – формула Томсона.}$$

Значит, чем больше значения  $L$  и  $C$  контура, тем больше период собственных колебаний в нем.

**Переменный ток** – вынужденные гармонические электромагнитные колебания в проводнике.

Поместим рамку площади  $S$  в однородное магнитное поле  $\vec{B}$ .

Поток магнитной индукции через рамку  $\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$ .

Если рамку равномерно вращать вокруг оси AA с угловой скоростью  $\omega$ , то  $\alpha = \omega t$  и  $\Phi = B \cdot S \cdot \cos \omega t$ .

Вследствие электромагнитной индукции в рамке возникает гармонически меняющаяся ЭДС  $\mathcal{E} = -\Phi' = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin \omega t$  или  $\mathcal{E} = \varepsilon_0 \cdot \sin \omega t$  ( $\varepsilon_0 = BS \cdot \omega$  – амплитуда ЭДС индукции) и можно говорить, что получен переменный ток.

- В общем случае (например, в индуктивности или емкости) ток и ЭДС могут не совпадать по фазе и их уравнения будут:

$$Q(t) = Q_0 \sin(\omega t + \varphi_0), \quad \mathcal{E}(t) = \varepsilon_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi_0), \quad I(t) = I_0 \sin(\omega t + \varphi_0), \quad U(t) = U_0 \sin(\omega t + \varphi_0),$$

где  $\varphi_0$  – начальная фаза колебаний,

$Q, \varepsilon, I, U$  – мгновенные значения заряда, ЭДС, силы тока и напряжения;

$Q_0, \varepsilon_0, I_0, U_0$  – максимальное значение мгновенные значения заряда, ЭДС, силы тока и напряжения

## 2. Решить задачи по вариантам

В условии некоторых задач отсутствуют цифры.

Значения физических параметров этих задач необходимо брать из таблицы 1: по вертикальной строке указан номер варианта, по горизонтальной – номер задачи.

3. Колебательный контур содержит конденсатор ёмкостью  $C$  и катушку индуктивностью  $L$ . Каков период и частота колебаний контура?
4. Какова индуктивность и частота колебаний в контуре, если он содержит конденсатор ёмкости  $C$  и период его колебаний  $T$ ?
5. Определить циклическую частоту  $\omega$  и период колебаний  $T$  в колебательном контуре, если ёмкость конденсатора  $C$ , а индуктивность катушки  $L$ .
6. Определить частоту электромагнитных волн, длина которых равна 300 метров.
7. Радиопередатчик работает на частоте 10 МГц. Сколько волн находится на расстоянии 3 км по направлению распространения радиосигнала?

8. Через сколько секунд после посылки радиоимпульса на планету марс возвратиться отражённая от его поверхности радиоволна, если расстояние от Земли до Марса 78 млн. км?
9. Сила тока в колебательном контуре изменяется по закону  $I(t) = I_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$  (см. уравнение в таблице 1). Определить максимальную силу тока и собственную частоту колебаний в контуре.
10. Заряд конденсатора колебательного контура совершает колебания по закону  $Q(t) = Q_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$  (см. уравнение в таблице 1). Определить амплитудное значение напряжения на обкладках конденсатора, если его емкость 40мкФ.

### **Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

	1		2		3		7	8
	С пФ	L мГн	С пФ	T мс	С пФ	L мГн	-	-
<b>1</b>	5	2	800	10	50	1	$I(t) = 0,1\sin 31400t$	$Q(t) = 0,0001\sin 800\pi t$
<b>2</b>	10	4	750	20	100	3	$I(t) = 0,2\sin 31400t$	$Q(t) = 0,0002\sin 800\pi t$
<b>3</b>	15	6	600	30	150	5	$I(t) = 0,3\sin 31400t$	$Q(t) = 0,0003\sin 800\pi t$
<b>4</b>	20	8	700	40	200	7	$I(t) = 0,4\sin 31400t$	$Q(t) = 0,0004\sin 800\pi t$
<b>5</b>	25	10	500	50	250	9	$I(t) = 0,5\sin 31400t$	$Q(t) = 0,0005\sin 800\pi t$
<b>6</b>	30	12	400	60	300	11	$I(t) = 0,6\sin 31400t$	$Q(t) = 0,0006\sin 800\pi t$
<b>7</b>	35	14	300	70	350	13	$I(t) = 0,7\sin 31400t$	$Q(t) = 0,0007\sin 800\pi t$
<b>8</b>	40	16	200	80	400	15	$I(t) = 0,8\sin 31400t$	$Q(t) = 0,0008\sin 800\pi t$
<b>9</b>	45	18	100	90	450	17	$I(t) = 0,9\sin 31400t$	$Q(t) = 0,0009\sin 800\pi t$
<b>10</b>	50	20	50	100	500	19	$I(t) = 0,55\sin 31400t$	$Q(t) = 0,001\sin 800\pi t$

Таблица 1.

**Тема 5.1 Природа света. Волновые свойства света**  
**Практическая работа №15**  
**Решение задач на законы преломления**

**Цель работы:** углубить представление о преломлении света, научиться определять углы падения, преломления, используя законы преломления

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:**

Индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

**Порядок выполнения работы:**

1. Повторить законы преломления

**Законы преломления света.**

Преломление света – изменение направления луча света при переходе из одной среды в другую. Угол преломления ( $\beta$ ) – угол между преломленным лучом и перпендикуляром, восстановленным из точки падения луча к границе двух сред.

- 1) лучи, падающий и преломленный, лежат в одной плоскости с перпендикуляром, восстановленным из точки падения луча к поверхности раздела двух сред;
- 2) отношение  $\sin$  угла падения к  $\sin$  угла преломления для данных сред есть величина постоянная, и называется относительным показателем преломления второй среды относительно первой.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

Следствие: «Обратимость лучей»: Если падающий луч направить по пути преломленного, то преломленный луч идет по пути падающего.

2. Решить задачи:

1. Луч света падает на поверхность воды под углами 40°. Под каким углом должен упасть луч на поверхность стекла, чтобы угол преломления оказался таким же?
2. Лучи света падают на поверхность раздела воды и воздуха под углом 50°. Найдите угол преломления лучей. Показатель преломления воды 1,33. Есть ли полное внутреннее отражение?

3. Найдите предельный угол падения луча на границу раздела стекла и воды.
4. Световые волны в некоторой жидкости имеют длину 600 нм и частоту  $5 \cdot 10^{14}$  Гц. Определите абсолютный показатель преломления жидкости.
5. Определите абсолютный показатель преломления и скорость распространения света в слюде, если при угле падения света  $54^\circ$  угол преломления  $30^\circ$ .
6. В алмазе свет распространяется со скоростью  $1,22 \cdot 10^8$  м/с. Определите предельный угол полного внутреннего отражения света в алмазе при переходе светового пучка из алмаза в воздух.
7. Световой пучок переходит из воздуха в воду. Угол падения  $76^\circ$ , угол преломления  $47^\circ$ . Определите скорость света в воде.
8. Угол падения луча света на поверхность подсолнечного масла  $60^\circ$ , а угол преломления  $36^\circ$ . Найдите показатель преломления масла.
9. Фотон вылетает из воды в воздух. Вылетит ли фотон из воды в воздух, если он падает на границу раздела воды и воздуха под углом  $50^\circ$ ? Почему?
10. Луч света переходит со стекла «легкий крон»  $n=1,57$  в воду. Угол падения увеличивают. Каков предельный угол полного внутреннего отражения?

#### **Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

### **Тема 5.1 Природа света. Волновые свойства света**

#### **Практическая работа №16**

#### **Решение задач с использованием формулы дифракционной решётки**

**Цель работы:** используя формулу дифракционной решетки научиться рассчитывать длину волны света, параметры решетки

**Количество часов: 2**

**Материальное обеспечение:** индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

**Порядок выполнения работы:**

1. Повторить явление дифракции



2. Повторить формулу дифракционной решетки  
 Дифракция света – отклонение световых волн от прямолинейного распространения (рассеивание) при встрече с препятствием или экраном с щелью.

Препятствие	Рисунок	Объяснение
1) Узкая щель $\lambda = 10^{-4} - 10^{-5}$ см		На экране в центре образуется светлое пятно больше размера отверстия. На краях щели образуются вторичные волны и лучи света рассеиваются. На экране за пятном чередуются темные и светлые полосы
2) Тонкое препятствие (проволочка)		Края проволочки являются когерентными источниками волн, в результате дифракции которых на экране возникает интерференция, а в центре экрана волны приходят в одинаковой фазе, поэтому «тень» – светлая
3) Когерентные источники. Опыт Юнга 1802 г.		<u>Интерференция</u> на экране является <u>следствием дифракции</u> от двух когерентных источников. С помощью опыта измерены длины волн, соответствующие световым лучам разного цвета
Препятствие	Рисунок	Объяснение
4) Дифракционная решетка		<i>Дифракционная решетка</i> – совокупность большого числа узких параллельных щелей, расположенных на малых равных расстояниях (d) друг от друга. Пример: частый гребешок, ресницы, перо. $\sin \varphi = \frac{\Delta r}{d} = \frac{k\lambda}{d}$ $\Delta r = k\lambda = d \cdot \sin \varphi$ – формула дифракционной решетки, где $\Delta r$ – оптическая разность хода лучей; $\varphi$ – угол отклонения лучей от

		перпендикулярна к плоскости решетки; $\varphi_{\text{ф}} - \text{min}$ , $\varphi_{\text{к}} - \text{max}$ ;
<p>Максимумы разных световых излучений</p> <p>The diagram shows a diffraction grating with slits labeled from -4 to 4. The central slit is labeled 0. The distance between slits is labeled <math>\lambda_{\text{ф}}</math> and <math>\lambda_{\text{син}}</math>.</p>		<p><math>k</math> – число длин волн; <math>k</math> – целое – <math>\text{max}</math> – светлая полоса; максимумы расположены на равных расстояниях друг от друга; <math>d</math> – период (постоянная) решетки – расстояние от начала одной щели до начала следующей щели. Позволяет вычислять длину волны:</p> $\lambda = \frac{d \cdot \sin \varphi}{k}$ <p>Дифракционную решетку используют для определения состава светового излучения, т.к. свет, соответствующий разным длинам волн, дает максимумы в разных местах</p>

### 3. Решить задачи:

1. Дифракционная решетка имеет 50 штрихов на мм. Под какими углами видны  $\text{max}$  первого и второго порядков монохроматического излучения с длиной волны 400 нм?
2. Определите длину волны для линии в дифракционном спектре второго порядка, совпадающей с изображением линии спектра третьего порядка с длиной волны 500 нм.
3. На дифракционную решетку с постоянной 0,01 мм направлена монохроматическая волна. Первый дифракционный  $\text{max}$  получен на экране смещенным на 3 см от первоначального направления света. Определите длину волны монохроматического излучения, если расстояние между экраном и решеткой 70 см.
4. Определите оптическую разность хода волн длиной 540 нм, прошедших через дифракционную решетку и образовавших  $\text{max}$  второго порядка.
5. Дифракционная решетка с постоянной 0,004 мм освещается светом с длиной волн 687 нм. Под каким углом к решетке нужно производить наблюдения, чтобы видеть изображение спектра второго порядка?

6. Определите постоянную дифракционной решетки, если при ее освещении светом с длиной волн 656 нм спектр второго порядка виден под углом 15°.

7. Определите длину волны для линии в дифракционном спектре 3-го порядка, совпадающей с линией в спектре четвертого порядка с длиной волны 490 нм.

8. Какой наибольший порядок спектра можно видеть в дифракционной решетке, имеющей 500 штрихов на 1 мм при освещении ее светом с длиной волны 720 нм?

### **Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

## **Тема 5.1 Природа света. Волновые свойства света**

### **Практическая работа №17**

#### **Решение задач по теме «Оптика»**

**Цель работы:** изучить законы геометрической, волновой и квантовой оптики, научиться рассчитывать основные параметры света.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

#### **Задание**

1. Повторить законы отражения и преломления света.
2. Решить задачи на законы геометрической оптики.
3. Рассчитать параметры дифракционной решётки.

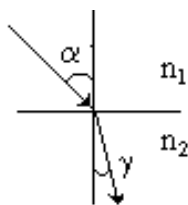
#### **Порядок выполнения работы**

1. Повторить основные вопросы по теме «Оптика»

**Геометрическая оптика** – раздел оптики, в котором изучаются законы распространения световых лучей.

**Волновая оптика** – раздел оптики, изучающий световые явления, в которых проявляется волновая природа света.

**Показатель преломления.**



Относительный показатель преломления (второй среды относительно первой) ( $n_{21}$ ) – отношение синуса угла падения ( $\alpha$ ) к

синусу угла преломления ( $\gamma$ )

$$n_{21} = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$$

Абсолютный показатель преломления среды ( $n$ ) – относительный показатель преломления этой среды

относительно вакуума

$$n = \frac{c}{v}$$

где  $c$  – скорость света в вакууме;  $v$  – скорость света в среде.

- Для вакуума  $n = 1$ , для воздуха  $n = 1,00029 \approx 1$ .
- Для двух сред с абсолютными показателями  $n_1$  и  $n_2$  относительный показатель

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$$

**Оптически более плотная среда** – среда с большим абсолютным показателем преломления.

**Полное отражение света** – явление, при котором свет полностью отражается от границы раздела сред.

**Предельный угол полного отражения ( $\alpha_0$ )** – угол падения, соответствующий углу преломления  $\gamma = 90^\circ$ .

При полном отражении  $\sin \gamma = 1$  и из

$$\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{\sin \alpha_0}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow$$

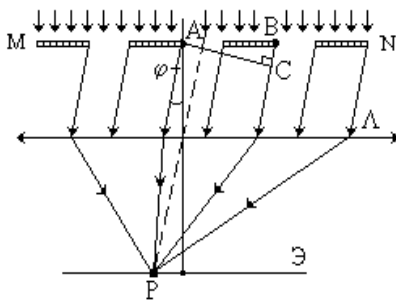
Например, при переходе в воздух ( $n_2 = 1$ ) из воды ( $n_1 = 1,33$ ),  $\alpha_0 = 48^\circ 35'$ ; из стекла ( $n_1 = 1,5$ ),  $\alpha_0 = 41^\circ 51'$ ; из алмаза ( $n_1 = 2,42$ ),  $\alpha_0 = 24^\circ 40'$ .

**Дифракционная решётка** –

система, состоящая из большого числа узких параллельных щелей.

Период (постоянная) решётки ( $d$ ) – расстояние между началами двух соседних щелей (при этом ширина щели

$$|d - b| < b).$$



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

2. Решить задачи по вариантам

В условии некоторых задач отсутствуют цифры.

Значения физических параметров этих задач необходимо брать из таблицы 1: по вертикальной строке указан номер варианта, по горизонтальной – номер задачи.

1. Луч переходит из воды в стекло. Угол падения  $\alpha$ . Определить угол преломления. ( $n_{\text{воды}}=1,3$ ;  $n_{\text{стекла}}=1,6$ ).
2. Определить предельный угол полного отражения при переходе луча в воздух ( $n_2=1$ ) из следующих сред: а) воды ( $n_{\text{а\ddot{a}\ddot{a}\ddot{a}}}=1,33$ ); б) стекла ( $n_{\text{стекла}}=1,6$ ); в) алмаза ( $n_{\text{ал.}}=2,42$ ).
3. Определить оптическую длину луча  $L$ , если луч геометрической длины  $\ell$  проходит в среде показателем преломления  $n$ .
4. Определить угол отклонения лучей зеленого света с  $\lambda=0,55\text{мкм}$  с помощью дифракционной решётки периодом  $d$  в спектре первого порядка ( $k=1$ ).
5. Сколько штрихов на 1 миллиметр длины имеет дифракционная решётка, если зелёная линия ртути с  $\lambda=546\text{ нм}$  в спектре первого порядка наблюдается под углом  $\varphi$ ?
6. На дифракционную решётку падает пучок света. Угол дифракции для натриевой линии с  $\lambda=589\text{ нм}$  в спектре первого порядка равен  $27^\circ$ . Некоторая линия даёт в спектре второго порядка угол дифракции  $34^\circ$ . Найти длину волны этой линии и число штрихов на 1 миллиметр решётки.
7. На дне сосуда с водой лежит зеркало. Луч света падает под углом  $\alpha$  градусов в воздухе, проходит в воду и отражается от зеркала. Найти угол между преломлённым и отражённым лучом, если  $n=1,3$ .
8. Сколько времени распространяется свет от Солнца до Земли, если расстояние равно 150 000 000 километров?
9. Определите относительный показатель преломления вещества, если угол падения  $30^\circ$ , а преломления  $20^\circ$ .
10. Определите показатель преломления вещества, если предельный угол полного отражения  $42^\circ$ .

- II.** Луч света падает на плоскую стеклянную пластинку толщиной  $d=3$  см под углом  $70^{\circ}$ . Определите смещение луча внутри пластинки. Показатель преломления стекла 1,5.

**Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

	<b>1</b>	<b>3</b>		<b>4</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
	$\alpha$ град	$\ell$ см	n	d мм	$\varphi$	$\alpha$
<b>1</b>	30	10	2,4	1,6	5	5
<b>2</b>	45	20	1,3	1,5	10	10
<b>3</b>	60	30	1,6	1,4	15	15
<b>4</b>	30	40	2,4	1,3	20	20
<b>5</b>	45	50	1,3	1,2	25	25
<b>6</b>	60	60	1,6	1,1	30	30
<b>7</b>	30	70	2,4	1,0	35	35
<b>8</b>	45	80	1,3	0,9	40	40
<b>9</b>	60	90	1,6	0,8	45	45
<b>10</b>	30	100	2,4	0,7	50	50

## Тема 6.1 Квантовая оптика

### Практическая работа №18

#### Решение задач по теме «Законы фотоэффекта»

**Цель работы:** изучить магнитное поле, знать его природу, его действие на другие магнитные поля, проводник с током, движущийся заряд.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

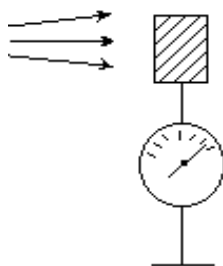
#### Задание

1. Изучить физическую природу и свойства внутреннего и внешнего фотоэффектов, их различие.
2. Выяснить практическое значение использования явления фотоэффекта в быту, природе, науке, производстве, медицине, их вредное и полезное действие.
3. Применить уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта при решении задач.

#### Порядок выполнения работы

1. Повторить основные вопросы темы «Внешний фотоэффект»

**Квантовая оптика** – раздел оптики, изучающий явления, в которых существенны квантовые свойства света и атомов веществ.



**Внешний фотоэффект** – явление выхода электронов из вещества под действием света.

**Фотон (квант)** – порция световой энергии  $E = h \cdot \nu$ .

**Фотоэлектрон** – электрон, участвующий в фотоэффекте.

- Фотоэффект обнаружил Герц и исследовал Александр Григорьевич

Столетов (1839–1896, Россия).



## Законы внешнего фотоэффекта

Максимальная сила фототока – **ток насыщения**  $I_n$  – определяется числом электронов, выходящих из металла в единицу времени при данной освещённости.

**Первый закон фотоэффекта:** количество фотоэлектронов, покидающих поверхность металла в единицу времени, прямо пропорционально энергии световой волны, поглощаемой за это время данной поверхностью.

**Второй закон фотоэффекта:** максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов не зависит от интенсивности света, прямо пропорциональна частоте излучения и зависит от материала электрода.

**Красная граница фотоэффекта** ( $\nu_{\min}$ ) – наименьшая частота ЭМВ, вызывающей фотоэффект.

**Третий закон фотоэффекта:** красная граница фотоэффекта определяется только материалом электрода и состоянием его поверхности.

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}$$

– уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

$$h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}; \quad m_e=9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}; \quad C=3 \cdot 10^8$$

**м/с**

### 2. Решить задачи

В условии некоторых задач отсутствуют цифры. Значения физических параметров этих задач необходимо брать из таблицы 1: по вертикальной строке указан номер варианта, по горизонтальной – номер задачи.

1. Электромагнитное излучение имеет частоту  $\nu$ . Какова энергия квантов  $E$ ?
2. Кванты электромагнитного излучения имеют энергию  $E$ . Определить частоту их колебаний  $\nu$ .
3. При какой минимальной частоте излучения  $\nu_{\min}$ , падающий на поверхность закиси меди, начнется фотоэффект, если работа равна из этого вещества выхода  $A_{\text{вых}}=8,24 \cdot 10^{-19}$  Дж?
4. На поверхность цезия падает излучение с частотой  $\nu$ . Вылетающие в результате фотоэффекта электроны имеют кинетическую энергию  $W_k=2,8 \cdot 10^{-19}$  Дж. Какова работа выхода  $A_{\text{вых}}$ ?

5. Излучение с частотой колебания  $\nu$  вызывает фотоэффект на поверхности вещества. Какую кинетическую энергию получают электроны, если работа выхода составляет  $2 \cdot 10^{-19}$  Дж?
6. Какую частоту колебаний  $\nu$  имеет излучение, если выбиваемые им электроны имеют энергию  $E_{\text{кин.}}$ , а работа выхода  $A_{\text{вых}} = 6,5 \cdot 10^{-19}$  Дж. Какова энергия фотонов  $E$ , вызывающих этот фотоэффект?
7. При какой минимальной частоте излучения  $\nu_{\text{min}}$ , падающий на поверхность закиси меди, начнется фотоэффект, если работа равна из этого вещества выхода  $A_{\text{вых}} = 8,24 \cdot 10^{-19}$  Дж?
8. Работа выхода электронов с поверхности цезия составляет  $1,9 \cdot 10^{-19}$  Дж. Какую частоту колебаний  $\nu_{\text{min}}$  должно иметь излучение, способное вызвать фотоэффект на поверхности этого вещества?
9. Работа выхода электронов из бария  $A_{\text{вых}} = 1,8 \cdot 10^{-19}$  Дж. При какой длине волны  $\lambda_{\text{min}}$  начнется фотоэффект на поверхности этого минерала?
10. Какую кинетическую энергию будут иметь электроны, выбиваемые из натрия квантами зеленого света ( $\lambda_{\text{зел}} = 500$  нм), если работа выхода электронов из натрия составляет  $3,36 \cdot 10^{-19}$  Дж?
11. Скорость света в воде  $\vec{v} = 225 \cdot 10^3 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ , а длина световой волны  $\lambda$ . Какова энергия фотонов света?

Таблица 1

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>11</b>
	$\nu$ , Гц.	$E$ , Дж	$\nu$ , Гц.	$\nu$ , Гц.	$E_{\text{кин}}$ , Дж	$\lambda$ , нм
1	$1 \cdot 10^{14}$	$6,1 \cdot 10^{-19}$	$1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{14}$	$1,1 \cdot 10^{-19}$	100
2	$2 \cdot 10^{14}$	$6,2 \cdot 10^{-19}$	$2 \cdot 10^{14}$	$2 \cdot 10^{14}$	$2,2 \cdot 10^{-19}$	200
3	$3 \cdot 10^{14}$	$6,3 \cdot 10^{-19}$	$3 \cdot 10^{14}$	$3 \cdot 10^{14}$	$3,3 \cdot 10^{-19}$	300
4	$4 \cdot 10^{14}$	$6,4 \cdot 10^{-19}$	$4 \cdot 10^{14}$	$4 \cdot 10^{14}$	$4,4 \cdot 10^{-19}$	400
5	$5 \cdot 10^{14}$	$6,5 \cdot 10^{-19}$	$5 \cdot 10^{14}$	$5 \cdot 10^{14}$	$5,5 \cdot 10^{-19}$	500
6	$6 \cdot 10^{14}$	$6,6 \cdot 10^{-19}$	$6 \cdot 10^{14}$	$6 \cdot 10^{14}$	$6,6 \cdot 10^{-19}$	600
7	$7 \cdot 10^{14}$	$6,7 \cdot 10^{-19}$	$7 \cdot 10^{14}$	$7 \cdot 10^{14}$	$7,7 \cdot 10^{-19}$	700
8	$8 \cdot 10^{14}$	$6,8 \cdot 10^{-19}$	$8 \cdot 10^{14}$	$8 \cdot 10^{14}$	$8,8 \cdot 10^{-19}$	800
9	$9 \cdot 10^{14}$	$6,9 \cdot 10^{-19}$	$9 \cdot 10^{14}$	$9 \cdot 10^{14}$	$9,9 \cdot 10^{-19}$	900
10	$10 \cdot 10^{14}$	$7,0 \cdot 10^{-19}$	$10 \cdot 10^{14}$	$10 \cdot 10^{14}$	$10 \cdot 10^{-19}$	990

### Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

## Тема 6.2 «Физика атома и атомного ядра»

### Практическая работа №19

#### Решение задач по теме «Радиоактивность, Запись ядерных реакций»

**Цель работы:** изучить магнитное поле, знать его природу, его действие на другие магнитные поля, проводник с током, движущийся заряд.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы, таблица Менделеева.

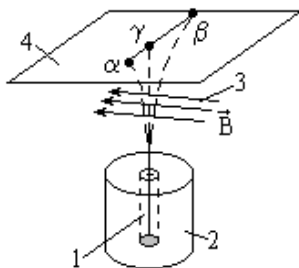
#### Задание

1. Выяснить природу радиоактивности и причину её опасности для живых организмов.
2. Выяснить практическое значение использования радиоактивных изотопов в науке, производстве, медицине, их вредное и полезное действие.
3. Применить изученный материал при решении задач на закон радиоактивного распада, правило смещения.

#### Порядок выполнения работы

1. Повторить основные вопросы темы «Физика атома и атомного ядра»

**Радиоактивность (р/а)** – самопроизвольное превращение одних ядер в другие, сопровождаемое испусканием различных частиц.



Опыт: препарат радия помещают на дно узкого канала 1 в куске свинца 2. Излучение проходит через сильное магнитное поле 3 (нормальное к оси канала) и попадает на фотопластинку 4.

В отсутствии поля при проявлении на фотопластинке появляется одно тёмное пятно. В магнитном поле излучение разделилось на три луча (их

назвали  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -лучи), два из которых отклонились от оси канала в противоположные стороны, а третья составляющая ( $\gamma$ -лучи) не отклонилась.

$\alpha$ -частицы – полностью ионизированные атомы гелия  ${}^4_2\text{He}$ .

$\beta$ -лучи есть поток электронов,  ${}^0_{-1}e$

$\gamma$ -лучи – электромагнитные волны с

$$\lambda \approx 10^{-10} - 10^{-13} \text{ м.}$$

**Правило смещения:**

1) при  $\alpha$ -распаде ядро теряет положительный заряд  $2e$ , масса его уменьшается на 4 атомных единицы массы и элемент смещается на две клетки к началу периодической системы;

2) при  $\beta$ -распаде ядро теряет электрон (заряд ядра увеличивается на  $e$ , масса практически не меняется) и элемент смещается на одну клетку к концу периодической системы.

- $\gamma$ -излучение не сопровождается изменением заряда, а изменение массы ядра ничтожно мало.

- Примеры записи превращений: а)  $\alpha$ -распад:  ${}^M_Z X \rightarrow {}^{M-4}_{Z-2} Y + {}^4_2\text{He}$ ;
- б)  $\beta$ -распад:  ${}^M_Z X \rightarrow {}^M_{Z+1} Y + {}^0_{-1}e$ ,

где  ${}^M_Z X$  и  ${}^{M-4}_{Z-2} Y$  – символические обозначения исходного элемента и продукта распада в периодической системе (M-масса в а.е.м., Z-разряд в е),  ${}^4_2\text{He}$  –  $\alpha$ -частица,  ${}^0_{-1}e$  – электрон.

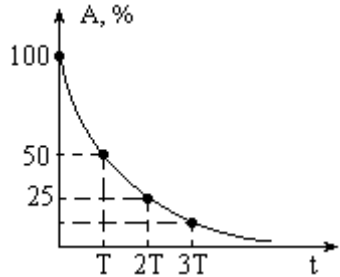
**Период полураспада (T)** – время, в течение которого распадается половина от начального числа  $p/a$  атомов.

- $p/a$  уменьшается вдвое после истечения периода полураспада либо после уменьшения вдвое количества вещества.

График  $A(t)$  зависимости  $p/a$  (скорости распада) в % от времени:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

– закон



**радиоактивного распада.**

- Период полураспада урана – 4,5 млрд. лет, радия – 1600 лет.
- Есть  $p/a$  элементы с периодом полураспада в миллионные доли секунды.

- Закон  $\rho/\alpha$  распада является *статистическим* (выполняется при условии большого количества измерений для *среднего* числа атомов).
- $\rho/\alpha$  атомы не «стареют», т. е. атом, появившийся в результате распада в данный момент ничем не отличается от атома, аналогично появившегося год назад,

**Изотопы** –элементы, занимающие одинаковое место в периодической системе, но различающиеся некоторыми (нехимическими) свойствами.

В силу *идентичности химических свойств* заряды атомных ядер изотопов (и количество электронов в оболочках) одинаковы, но массы ядер различны, причём ядра могут быть как  $\rho/\alpha$ , так и **стабильными**.

- Установлено существование изотопов у всех химических элементов.
- Изотоп водорода  ${}^2_1\text{H}$  называют **дейтерием**,  ${}^3_1\text{H}$  – **тритием**.  ${}^2_1\text{H}$  стабилен, при соединении с кислородом образует **тяжёлую** воду.  ${}^3_1\text{H}$  радиоактивен с  $T \approx 12$  лет.

В науке и производстве применяют **меченые атомы** –  $\rho/\alpha$  изотопы стабильных элементов, полученные в атомных реакторах. Они помогают выделить процессы движения и накопления веществ в биологии, медицине, химии и др.

- $\rho/\alpha$  изотопы используют:
  - 1) в медицине – для  $\gamma$ -облучения болезнетворных образований в организме человека снаружи (кобальтовая пушка) и изнутри (например при поглощении  $\rho/\alpha$  йода щитовидной железой);
  - 2) в промышленности – для контроля качества изделий из металла, изучения процессов в доменных печах и др.;
  - 3) в сельском хозяйстве – для облучения семян растений (выведение новых сортов и повышение урожайности), борьбы с вредными насекомыми, консервации и др.;
  - 4) в археологии – для определения возраста образцов.
- Радиация безболезненна, не обнаруживается органами чувств и очень опасна.

**Поглощённая доза облучения** ( $D$ ) – отношение поглощённой энергии  $E$  ионизирующего излучения к массе  $m$  облучаемого вещества.

$$1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = 1 \text{ Гр} - \text{грей}$$

$$[D] = \boxed{D = \frac{E}{m}}$$

**1 Р (один рентген)** – доза облучения, при которой в  $1 \text{ см}^3$  сухого воздуха при н.у. образуется столько ионов, что их общий заряд (для каждого знака) равен  $3 \cdot 10^{-10}$  Кл (примерно  $2 \cdot 10^9$  пар ионов).

- На практике 1 Гр эквивалентен 100Р.

Способы защиты от радиации:

- 1) удаление от источника радиации на безопасное расстояние (интенсивность излучения обратно пропорциональна квадрату расстояния до источника);
- 2) применение инструментов при работе с р/а препаратами (щипцы на длинных ручках);
- 3) использование защитных преград из поглощающих материалов (лучший поглотитель  $\gamma$ -лучей – свинец, медленных нейтронов – бор и кадмий).

**Энергия связи ядра ( $E$ )** – энергия, необходимая для полного расщепления ядра на нуклоны.

- Энергия связи зависит от массового числа  $A$  и равна энергии, которая выделяется при образовании ядра из отдельных нуклонов.

**Масса покоя ядра всегда меньше суммы масс покоя всех слагающих его нуклонов:**  $M_{\text{я}} < Z \cdot m_{\text{p}} + N \cdot m_{\text{n}}$ , где  $m_{\text{p}}$  и  $m_{\text{n}}$  – массы протонов и нейтронов, т. е. существует **дефект масс**

$$\Delta M = Z \cdot m_{\text{p}} + N \cdot m_{\text{n}} - M_{\text{я}} \quad (\Delta M > 0) \quad .$$

- При образовании ядра нуклоны с огромным ускорением устремляются друг к другу, а энергия  $E_{\text{св}}$  выделяется в виде  $\gamma$ -квантов.
- Энергия  $\gamma$ -квантов огромна: при образовании 4 г He выделяется столько же энергии, сколько при сгорании двух вагонов каменного угля.

**Удельная энергия связи ( $E_{\text{уд}}$ )** – энергия связи, приходящаяся на один нуклон ядра.

Зависимость  $E_{\text{уд}}(A)$  изображена на графике:

**Ядерная реакция** – изменение атомного ядра при взаимодействии с другим ядром или с элементарной частицей.

**Энергетический выход ядерной реакции ( $Q$ )** – разность энергий покоя ядер и частиц до реакции и после неё.  $Q = \Delta E = \Delta M c^2$

## 2. Решить задачи по вариантам

### **Вариант I**

1. Написать пропущенную частицу в уравнении следующих ядерных реакций:

- а)  ${}^9_4\text{Be} + ? \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}$ ;  
 ${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$ ;
- б)  ${}^7_3\text{Li} + ? \rightarrow$
- в)  ${}^{11}_5\text{B} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + ?$ ;  
 $\rightarrow {}^{95}_{40}\text{Zn} + ? + 3 {}^1_0\text{n}$
- г)  ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n}$

2. При соударении  $\alpha$ -частицы с ядром бора  ${}^{10}_5\text{B}$  произошла ядерная реакция, в результате которой образовалось два новых ядра, одним из ядер было ядро атома водорода  ${}^1_1\text{H}$ . Записать ядерную реакцию и определить второе ядро.
3. Какой элемент образуется из  ${}^{239}_{92}\text{U}$  после 8  $\alpha$ -распадов и 6  $\beta$ -распадов?
4. Период полураспада радия  $T=1600$  лет. Определить, сколько молекул вещества N останется через  $t=3200$  лет, если  $N_0=10^{20}$
5. Найти дефект массы и энергию связи  ${}^{239}_{93}\text{Np}$ .
6. Определить энергию, выделяющуюся при реакции:  ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow$   
 ${}^3_1\text{H} + {}^1_1\text{H}$

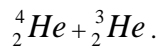
### Вариант II

1. Написать пропущенную частицу в уравнении следующих ядерных реакций:
- а)  ${}^{95}_{38}\text{Sr} \rightarrow ? + {}^{95}_{39}\text{I}$ ;  
 ${}^4_2\text{He} + {}^3_2\text{He}$ ;
- б)  ${}^6_3\text{Li} + ? \rightarrow$
- в)  ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{135}_{54}\text{Xe} + ? + 2 {}^1_0\text{n}$ ;  
 $+ {}^{13}_6\text{C}$
- г)  $? + {}^{10}_5\text{B} \rightarrow {}^1_1\text{H}$
2. При соударении протона  ${}^1_1\text{H}$  с ядром  ${}^7_3\text{Li}$  произошла ядерная реакция, в результате которой образовался нейтрон  ${}^1_0\text{n}$  и новое ядро. Записать ядерную реакцию и определить новое ядро.
3. Какой элемент образуется из  ${}^{235}_{92}\text{U}$  после 8  $\alpha$ -распадов и 6  $\beta$ -распадов?
4. Период полураспада радия  $T=1600$  лет. Определить, сколько молекул вещества N останется через  $t=800$  лет, если  $N_0=10^{20}$ .



5. Найти дефект массы и энергию связи  ${}_{94}^{239}\text{Pu}$  .

6. Определить энергию, выделяющуюся при реакции:  ${}_{3}^{6}\text{Li} + {}_{1}^{1}\text{H} \rightarrow$



**Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

**Тема 1.1 Кинематика**  
**Лабораторная работа № 1**  
**«Определение плотности вещества»**

**Цель работы:** экспериментальное определение плотности жидкости и твердого тела.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** весы с разновесами; линейка масштабная; штангенциркуль; мензурка; вещество, плотность которого нужно определить.

**Задание**

определите массу и объем исследуемого вещества. Вычислите плотность вещества.

**Краткие теоретические сведения:**

Плотностью веществ называется отношение массы вещества к его объему. Физический смысл: плотность показывает, чему равна масса одного кубического метра вещества/

$$\rho = m/v \text{ где}$$

$\rho$  – плотность (кг/м<sup>3</sup>);

$m$  – масса тела (кг);

$v$  – объем тела (м<sup>3</sup>)

**Порядок выполнения работы**

1. Для определения плотности твердого тела вычислите его объем.

2. Объем прямоугольного параллелепипеда вычислите по формуле:

$$V = a \cdot b \cdot h,$$

где  $a$  – длина, м;  $b$  – ширина, м;  $h$  – высота, м.

Объем цилиндра вычислите по формуле:  $V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h,$

$h$  – высота цилиндра, м;  $d$  – его диаметр, м.

Если твердое тело имеет неправильную форму, то его объем определите с помощью мензурки, в которую он может быть погружен.

2. На весах, прежде уравновешенных, определите массу тела.

3. По формуле  $\rho = m/v$  вычислите плотность твердого тела.

4. Результаты измерений занесите в таблицу и сделайте вычисления.

Вещество	Ширина а (м)	Длина, в (м)	Высота, h (м)	Объем, V (м <sup>3</sup> )	Масса, m (кг)	$\rho_{\text{лаб}}$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{\text{табл}}$ , кг/м <sup>3</sup>	Относительная погрешность
								$\delta = \frac{\rho_{\text{T}} - \rho_{\text{Л}}}{\rho_{\text{T}}} \cdot 100\%$

### Опытное определение плотности воды

1. Для определения плотности воды необходимо: найти массу тары, в которую нужно поместить воду и определить массу воды без тары.

2. Определите цену деления мензурки и найдите объем взвешенной жидкости (воды).

3. Результаты опыта занесите в таблицу и вычисления произведите в системе СИ.

Вещество	m <sub>1</sub> масса тары, кг	m <sub>2</sub> масса жидкости и тары, кг	Масса жидкости m = m <sub>1</sub> - m <sub>2</sub> , кг	V объем, м <sup>3</sup>	Плотность лаборатор $\rho_{\text{лаб}}$ , кг/м <sup>3</sup>	Плотность табличная $\rho_{\text{табл}}$ , кг/м <sup>3</sup>	Относительная погрешность
							$\delta = \frac{\rho_{\text{T}} - \rho_{\text{Л}}}{\rho_{\text{T}}} \cdot 100\%$

## Контрольные вопросы

1. Из двух разных металлов изготовлены одинаковые по размерам кубики. Взвешивание показало, что масса одного кубика больше массы другого в 3,3 раза. Одинакова ли плотность металла? Если нет, то во сколько раз отличаются плотности?
2. Три детали – медная, железная и алюминиевая – имеют одинаковые объёмы. Какая деталь имеет наибольшую массу, какая наименьшую? Пустот в деталях нет.
3. Кусок металла объёмом  $250 \text{ см}^3$  имеет массу 1750 г. что это за металл?
4. На чашки уравновешенных весов поставлены одинаковые стаканы. После того, как в один стакан налили молоко, а в другой – подсолнечное масло, равновесие весов не нарушилось. Объём какой из жидкостей больше?

### **Форма предоставления результата**

Заполнить таблицу и записать вывод по работе.

### **Тема 1.3 Законы сохранения в механике**

#### **Лабораторная работа №2**

#### **«Изучение закона сохранения механической энергии»**

**Цель работы:** сравнить две величины— уменьшение потенциальной энергии прикрепленного к пружине тела при его падении и увеличение потенциальной энергии растянутой пружины.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение** 1) динамометр, жесткость пружины которого равна 40 Н/м; 2) линейка измерительная; 3) груз из набора по механике; масса груза равна  $(0,100 \pm 0,002)$  кг.

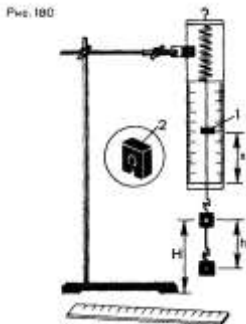
**Материалы:** 1) фиксатор;  
2) штатив с муфтой и лапкой.

#### **Задание**

1. Использовать закон сохранения полной механической энергии.
2. На практике доказать справедливость закона.

#### **Порядок выполнения работы**

Для работы используется установка, показанная на рисунке 180. Она представляет собой укрепленный на штативе динамометр с фиксатором 1.



Пружина динамометра заканчивается проволочным стержнем с крючком. Фиксатор (в увеличенном масштабе он показан отдельно — помечен цифрой 2) — это легкая пластинка из пробки (размерами 5 X 7 X 1,5 мм), прорезанная ножом до ее центра. Ее насаживают на проволочный стержень динамометра. Фиксатор должен перемещаться вдоль стержня с небольшим трением, но трение все же должно быть достаточным, чтобы фиксатор сам по себе не падал вниз. В этом нужно убедиться перед началом работы. Для этого фиксатор устанавливают у нижнего края шкалы на ограничительной скобе. Затем растягивают и отпускают.

Фиксатор вместе с проволочным стержнем должен подняться вверх, отмечая этим максимальное удлинение пружины, равное расстоянию от упора до фиксатора.

Если поднять груз, висящий на крючке динамометра, так, чтобы пружина не была растянута, то потенциальная энергия груза по отношению, например, к поверхности стола равна  $mgH$ . При падении груза (опускание на расстояние  $x = h$ ) потенциальная энергия груза уменьшится на

$$E_1 = mgh,$$

а энергия пружины при ее деформации увеличивается на

$$E_2 = \frac{kx^2}{2}.$$

Порядок выполнения работы

1. Груз из набора по механике прочно укрепите на крючке динамометра.

2. Поднимите рукой груз, разгружая пружину, и установите фиксатор внизу у скобы.
3. Отпустите груз. Падая, груз растянет пружину. Снимите груз и по положению фиксатора измерьте линейкой максимальное удлинение  $x$  пружины.
4. Повторите опыт пять раз.
5. Подсчитайте

$$E_{1cp} = mgh_{cp}$$

и

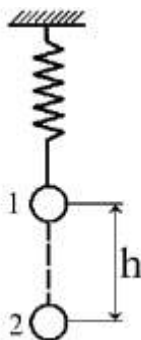
$$E_{2cp} = \frac{kx_{cp}^2}{2}$$

7. Сравните отношение

$$\frac{E_{1cp}}{E_{2cp}}$$

с единицей и сделайте вывод о погрешности, с которой был проверен закон сохранения энергии.

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



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

Рассмотрим такое тело (в нашем случае рычаг). На него действуют две силы: вес грузов  $P$  и сила  $F$  (упругости пружины динамометра), чтобы рычаг находился в равновесии и моменты этих сил должны быть равны по модулю между собой. Абсолютные значения моментов сил  $F$  и  $P$  определим соответственно:

$$M_1 = P/l_1; \quad M_2 = F/l_2.$$

Рассмотрим груз, прикрепленный к упругой пружине таким образом, как показано на рисунке. Вначале удерживаем тело в положении 1, пружина не натянута и сила упругости, действующая на тело равна нулю. Затем отпускаем тело и оно падает под действием силы тяжести до положения 2, в котором сила тяжести полностью компенсируется силой упругости пружины при удлинении ее на  $h$  (тело покоится в этот момент времени).

Рассмотрим изменение потенциальной энергии системы при переходе тела из положения 1 в положение 2. При переходе из положения 1 в положение 2 потенциальная энергия тела уменьшается на величину  $mgh$ , а потенциальная энергия пружины возрастает на величину

$$\frac{kh^2}{2}$$

Целью работы является сравнение этих двух величин. Средства измерения: динамометр с известной заранее жесткостью пружины 40 Н/м, линейка, груз из набора по механике.

#### Выполнение работы:

№ опыта	$h = x_{\max}$	$h_{\text{ср}} = x_{\text{п.с.}}$	$E_{1\text{ср}}, \text{ Дж}$	$E_{2\text{ср}}, \text{ Дж}$	$\frac{E_{1\text{ср}}}{E_{2\text{ср}}}$
1	0,054				
2	0,052				
3	0,048	0,051	0,050	0,052	0,96
4	0,050				
5	0,052				

Вычисления:

$$h_{\text{ср}} = x_{\text{ср}} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5}{5} =$$

$$= \frac{0,054 \text{ м} + 0,052 \text{ м} + 0,048 \text{ м} + 0,050 \text{ м} + 0,052 \text{ м}}{5} = 0,051 \text{ м}$$

$$E_{1\text{ср}} = mgh_{\text{ср}} = 0,1 \text{ кг} \cdot 9,81 \text{ м/с}^2 \cdot 0,051 \text{ м} = 0,050 \text{ Дж}$$

$$E_{2\text{ср}} = \frac{R(x_{\text{ср}})^2}{2} = \frac{40 \text{ Н/м} \cdot (0,051 \text{ м})^2}{2} = 0,052 \text{ Дж}$$

Оценим погрешности:

$$\varepsilon_{\frac{E_1}{E_2}} = \varepsilon_{E_1} + \varepsilon_{E_2} = 2\varepsilon_x + \varepsilon_m + \varepsilon_x = 3\varepsilon_x + \varepsilon_m$$

$$\varepsilon_{\frac{E_1}{E_2}} = 3 \frac{\Delta x}{x_{\text{ср}}} + \frac{\Delta m}{m} = 3 \cdot \frac{0,0005 \text{ м}}{0,051 \text{ м}} + \frac{0,002 \text{ кг}}{0,1 \text{ кг}} = 0,05 \text{ (5\%)}$$

$$\Delta \frac{E_1}{E_2} = \frac{E_1}{E_2} \cdot 0,05 = 0,96 \cdot 0,05 \approx 0,05$$

Отношение потенциальных энергий запишем как:

$$\frac{E_1}{E_2} = 0,96 \pm 0,05,$$

откуда видно, что полученное отклонение от единицы лежит в пределах погрешности измерений.

### **Форма предоставления результата**

Заполнить таблицу и записать вывод по работе.

#### **Контрольные вопросы**

1. Какие потери энергии не учитываются при выполнении данной работы?
2. Как объяснить, что при расчете модуля скорости шара были использованы уравнение равномерного движения  $l =$

$$H = \frac{gt^2}{2} ?$$

3. При каких условиях применим закон сохранения механической энергии?



## Тема 2.1 Основы молекулярно-кинетической теории

### Лабораторная работа №3

#### Проверка газовых законов: закона Бойля-Мариотта

**Цель работы:** экспериментальная проверка закона Бойля-Мариотта.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** цилиндр с пробкой, вода, трубка со шкалой, линейка, барометр.

#### Задание

1. Повторить объединённый газовый закон.
2. Проверить на практике соблюдение закона Бойля-Мариотта.

#### Порядок выполнения работы



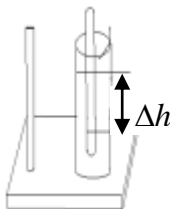
Закон Бойля-Мариотта для изотермического процесса ( $T = \text{const}$ ,  $v = \text{const}$ ) является частным случаем объединённого газового закона:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

т. е. давление газа обратно пропорционально его объёму.

Эту зависимость можно проверить опытным путем:

1 способ:



$$P_2 = \frac{P_1 \cdot V_1}{V_2}$$

1. Собрать установку по рисунку 1.
2. Определить объём газа ( $V_1$ ) в трубке, приняв площадь её сечения равной  $1 \text{ см}^2$ .
3. По барометру определить величину атмосферного давления ( $P_1$ ).
4. Опустить трубку открытым концом в воду и определить новый объём воздуха в трубке ( $V_2$ ).

$$P_{\text{вл}} = P_{\text{атм}} + P_{\text{вод.ст.}}$$

где  $P_{атм} = P_1$  - атмосферное давление, Па;  $P_{вод.ст.}$  -  
давление водного столба, Па;

$$P_{вод.ст.} = \rho \cdot g \cdot \Delta h$$

$\rho = 1000 \frac{кг}{м^3}$  плотность воды;  $g = 9,8 \frac{м}{с^2}$  - ускорение  
свободного падения;

$\Delta h$  - высота столба жидкости (см.рис.1)

4. Приняв второй результат  $P_{эл}$  за истинное значение давления,  
вычислить абсолютную ( $\Delta$ ) и относительную ( $\epsilon$ ) погрешности:
5. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 1.
6. Сделать вывод по работе.



## Контрольные вопросы

### 1 вариант

1. Каковы основные положения молекулярно-кинетической теории?
2. Что происходит с кинетической энергией молекул вещества при понижении температуры?
3. Почему заключенный в сосуд газ давит на стенки сосуда?
4. Какова зависимость плотности газа от давления при постоянной температуре?
5. Какой газ называется идеальным?
6. Какому закону подчиняется изотермический процесс в газе?
7. В цилиндре дизеля воздух сжимается от  $0,8 \cdot 10^5$  Па до  $20 \cdot 10^5$  Па. Объем при этом уменьшается от 10,5 до 3л. Начальная температура  $37^\circ\text{C}$ . Определить конечную температуру.
8. При температуре  $20^\circ\text{C}$  давление воздуха в баллоне равно  $10^4$  Па. При какой температуре давление в нем будет 0,46МПа?

### 2 вариант

1. В чем состоит броуновское движение?
2. Какие параметры характеризуют состояние газа?
3. Чем объясняется давление газа? Единицы его измерения.
4. Почему давление газа при изотермическом сжатии возрастает?
5. Какой газ называется идеальным?
6. Можно ли из уравнения состояния газа получить закон Бойля-Мариотта?
7. В баллоне емкостью 80 литров находится газ под давлением  $3,9 \cdot 10^5$  Па. Какой объем займет газ при нормальном атмосферном давлении 0,1МПа. Процесс изотермический.
8. При температуре  $10^\circ\text{C}$  давление воздуха в баллоне равно  $10^4$  Па. При какой температуре давление в нем будет 0,26МПа?

## Тема 2.3 Свойства паров, жидкостей и твёрдых тел

### Лабораторная работа №4

#### Наблюдение роста кристаллов из раствора.

**Цель работы:** наблюдение за процессом роста кристаллов из раствора в лабораторных условиях, сравнение скорости роста кристалла в различных направлениях

**Количество часов:** 1

**Материальное обеспечение:** стакан, вода, кастрюля, карандаш, нить, соль.

#### Задание

1. Научиться готовить насыщенный раствор соли.
2. Пронаблюдать за процессом кристаллизации.
3. Определить условия, при которых происходит рост кристаллов.
4. Графически изобразить кристаллы, появившиеся в процессе кристаллизации, сравнить их.

#### Порядок выполнения работы

1. Взять 2 части воды и 1 часть соли, раствор тщательно перемешать в кастрюле.
2. Нагреть раствор.
3. Перелить раствор в стакан.
4. Привязать к карандашу нить, чтобы она опустилась в раствор.
5. Положить карандаш сверху стакана.
6. Оставить стакан на несколько дней.
7. Посмотреть, что образовалось на нити (изобразить графически).
8. Оценить размеры и форму кристаллов.
9. Результаты наблюдений, занести в таблицу 1, соблюдая порядок действия и анализируя результат.
10. Сделать вывод по работе.

#### Форма предоставления результата

Таблица 1.

№ п/п	Действие	Результат действия

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое кристалл?
2. Что такое анизотропия кристаллов?
3. Сравните скорости роста кристалла в горизонтальном и вертикальном направлениях. Различаются ли они?
4. Как называется явление зависимости физических свойств кристалла от направления?
5. Что такое агрегатные состояния вещества и его фазы?
6. Каковы характерные свойства газообразной фазы вещества?
7. Каковы характерные свойства жидкой фазы вещества?
8. Каковы характерные свойства твёрдой фазы вещества?
9. Почему твёрдое тело труднее сжать, чем жидкость?

## Тема 2.3 Свойства паров, жидкостей и твёрдых тел

### Лабораторная работа №5

#### Измерение влажности воздуха

**Цель работы:** опытное определение абсолютной и относительной влажности воздуха.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** психрометр, гигрометр, таблица «Давление насыщенных паров воды при различных температурах»

**Внимание! При выполнении работы с особой осторожностью обращайтесь с термометрами. Не допускайте падения термометра!**

#### Задание

1. Самостоятельно определить относительную влажность воздуха по психрометрической таблице.
2. Определить точку росы.
3. Научиться пользоваться таблицей «Давление насыщенных паров воды при различных температурах»

#### Порядок выполнения работы

1. Определение относительной влажности воздуха психрометром.

Психрометр состоит из сухого и влажного термометров.

Рассмотрите психрометр и определите где сухой и влажный термометры.

а) измерить показания сухого и влажного термометров:

б) используя психрометрическую таблицу, определить относительную влажность воздуха. Внимательно посмотрите на психрометрическую таблицу. В первом вертикальном столбце найдите показания вашего сухого термометра, в первой горизонтальной строке найдите вашу разность показаний сухого и влажного термометров. То число, которое находится на пересечении столбца и строки и является значением влажности воздуха.

Результаты измерения занести в таблицу 1 и сделать вывод по работе.

2. Определение относительной влажности воздуха конденсационным гигрометром.

Конденсационный гигрометра – это резервуар с отполированной внешней поверхностью.

а) налить в резервуар немного воды и охлаждать её кусочками льда. При достижении точки росы на внешней стенке резервуара начинается конденсация пара, содержащегося в воздухе (стенка запотевает). Определите соответствующую этому моменту температуру.

б) зная точку росы и используя таблицу «Зависимость давления и плотности насыщенного водяного пара от температуры», определите относительную и абсолютную влажность воздуха.

Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу 2 и сделайте вывод по работе.

### Форма предоставления результата

- 1) Определение относительной влажности воздуха психрометром.

Таблица 1.

Температура сухого термометра, °С	Температура влажного термометра, °С	Разность показаний термометров, °С	Относительная влажность воздуха, %

Сделать вывод по работе.

- 2) Определение относительной влажности воздуха конденсационным гигрометром.

Таблица 2.

Температура окружающего воздуха, °С	Точка росы, °С	Давление насыщенного пара, Па	Парциальное давление водяного пара, Па	Относительная влажность воздуха, %	Плотность насыщенного пара, $\frac{\rho}{\rho^3}$	Абсолютная влажность воздуха

Сделать вывод по работе.

### Контрольные вопросы

1. Как по внешнему виду отличить в бане трубы с холодной и горячей водой?



2. Чем объяснить появление зимой инея на окнах?. С какой стороны стекла он появится?
3. Найти относительную влажность воздуха в комнате при  $18^{\circ}\text{C}$ , если точка росы  $10^{\circ}\text{C}$ .
4. Относительная влажность воздуха вечером при  $16^{\circ}\text{C}$  равна 55%. Выпадет ли роса, если ночью температура понизится до  $8^{\circ}\text{C}$ ?

## Тема 2.3 Свойства паров, жидкостей и твёрдых тел

### Лабораторная работа №6

#### Определение удельной теплоемкости твердого вещества

**Цель работы:** опытным путем определить величину удельной теплоемкости вещества и выяснить физический смысл уравнения теплового баланса.

**Материальное обеспечение:** 1) весы оптические на штативе; 2) разновес; 3) исследуемое вещество; 4) калориметр; 5) термометр; 6) электроплитка; 7) сосуд с водой;

#### Задание

Задание 1: Записать в тетрадь название работы, цель работы, приборы и принадлежности.

Задание 2: Начертить таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

#### Таблица.

1. масса твердого тела, кг	$m_1$	
2. температура тела, °С	$t_1$	
3. масса калориметра, кг	$m_2$	
4. масса воды, кг	$m_3$	
5. температура воды и калориметра, °С	$t_2=t_3$	
6. температура смеси, °С	$\theta$	
7. удельная теплоемкость калориметра, Дж/(кг·°К)	$c_2$	
8. удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·°К)	$c_3$	
9. удельная теплоемкость твердого тела, Дж/(кг·°К)	$c_1$	
10. табличное значение удельной теплоемкости твердого тела, Дж/(кг·°К)	$c_T$	
11. относительная погрешность, %	$\delta$	

Задание 3: Выполнить работу

## Порядок выполнения работы

1. Определить массу исследуемого тела  $m_1$ ;
2. Опустить исследуемое тело в сосуд с водой и нагреть воду до кипения;
3. Определить массу калориметра  $m_2$ ;
4. Налить до половины воды в калориметр и определить массу воды  $m_3$ ;
5. Измерить начальную температуру калориметра с водой  $t_2=t_3$ ;
6. Опустить нагретое тело в калориметр с водой и измерить температуру смеси  $\theta$ ;
7. Составить уравнение теплового баланса и определить удельную теплоемкость вещества.

Теплота, отданная горячим телом:  $Q_{\text{отд}}=m_1c_1(t_1 - \theta)$

Теплота, полученная калориметром:  $Q_{\text{пол.к.}}=m_2c_2(\theta-t_2)$

Теплота, полученная водой:  $Q_{\text{пол.в.}}=m_3c_3(\theta-t_3)$

Уравнение теплового баланса:  $Q_{\text{отд}}= Q_{\text{пол}}$

$$m_1c_1(t_1 - \theta) = m_2c_2(\theta-t_2) + m_3c_3(\theta-t_3)$$

$$m_1c_1(t_1 - \theta) = (\theta-t_2)(m_2c_2 + m_3c_3)$$

Так как  $t_2=t_3$ ,  $(\theta-t_2)=(\theta-t_3)$

$$c_1 = (\theta-t_2)(m_2c_2 + m_3c_3) / (m_1(t_1-\theta)) \text{ Дж/(кг}\cdot\text{°K)}.$$

8. Определить погрешности

$$\Delta = |c_{\text{табл}} - c_1|$$

$$\delta = (\Delta/c) \cdot 100\%.$$

9. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу и сделайте вывод. По окончании работы принадлежности, тетрадь и данное руководство сдать преподавателю.

### Контрольные вопросы:

1. Какова разница между теплоемкостью тела и удельной теплоемкостью?
2. В чем смысл уравнения теплового баланса и какое отношение оно имеет к закону сохранения энергии?

## Тема 3.2 Законы постоянного тока

### Лабораторная работа №7

#### Определение удельного сопротивления проводника

**Цель работы:** определение удельного сопротивления проводника экспериментальным путем

**Количество часов:** 2

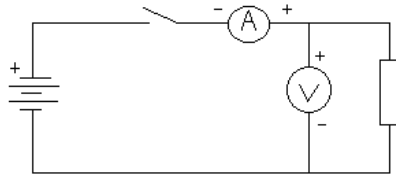
**Материальное обеспечение:** источник тока, амперметр, вольтметр, соединительные провода, ключ, штангенциркуль, линейка, кусок провода, удельное сопротивление которого определяется.

#### Задание

1. Самостоятельно собрать электрическую цепь по схеме.
2. Снять показания амперметра и вольтметра.
3. Используя штангенциркуль и линейку, научиться определять геометрические размеры проводника.
4. Определить величину удельного сопротивления металла.

#### Порядок выполнения работы:

1. Собрать цепь по схеме и показать для проверки руководителю.
2. Замкнуть цепь и снять показания амперметра и вольтметра.
3. Вычислить сопротивление проводника по формуле:



В.

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

$I$  - ток в проводнике, А;

$U$  - падение напряжения на проводнике,

4. Измерить длину и вычислить площадь поперечного сечения проводника по формуле:

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

, где  $d$  - диаметр проводника.

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

5. Вычислить удельное сопротивление по формуле:
6. Данные занести в таблицу 1.
7. Вычислить абсолютную ( $\Delta$ ) и относительную ( $\varepsilon$ ) погрешности измерений по формулам:

$$\Delta = |\rho_{ТАБЛ.} - \rho_{ПОЛУЧ.}|$$

$$108 \quad \varepsilon = \frac{\Delta}{\rho_{ТАБЛ.}} \cdot 100\%$$

8. Сделать вывод по работе.

**Форма предоставления результата**

**Таблица 1.**

$U, В$	$I, А$	$R, Ом$	$l, м$	$d, м$	$S, м^2$	$\rho, Ом \cdot м$	$\rho_{табл}$ $Ом \cdot м$	$\Delta, Ом$	$\varepsilon, \%$
ВЕЩЕСТВО									

**Контрольные вопросы:**

1. От каких величин и как зависит сопротивление прямолинейного металлического проводника?
2. Два медных проводника имеют одинаковую длину, но различную площадь поперечного сечения:  $1,6 \text{ мм}^2$  и  $0,8 \text{ мм}^2$ . Какой проводник имеет меньшее сопротивление и во сколько раз?
3. Сколько метров никелинового провода площадью поперечного сечения  $0,1 \text{ мм}^2$  потребуется для изготовления реостата с максимальным сопротивлением  $180 \text{ Ом}$ ? Удельное сопротивление никелина  $0,42 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot м$ .

## Тема 3.2 Законы постоянного тока

### Лабораторная работа № 8

#### Проверка закона Ома для участка цепи.

**Цель работы:** измерение тока и напряжения лабораторными приборами, экспериментальная проверка выполнения закона Ома.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** амперметр лабораторный, вольтметр лабораторный, источник питания, набор из трёх резисторов сопротивлениями 4 Ом, 6 Ом, 12 Ом, реостат, ключ замыкания тока, соединительные провода.

#### Задание

1. Практически убедиться в физической сущности закона Ома для участка цепи.
2. Установить на опыте зависимость силы тока от напряжения и сопротивления.

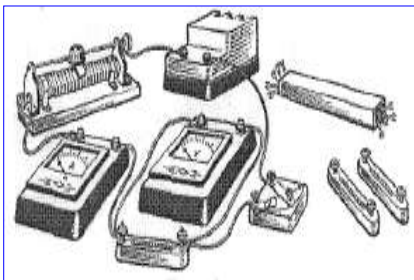
#### Порядок выполнения работы

Электрический ток и напряжение являются основными физическими величинами, характеризующими электромагнитные процессы в электрической цепи.

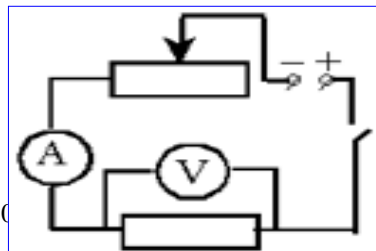
Напряжение на участке электрической цепи измеряется вольтметром, включенным между двумя точками цепи параллельно этому участку.

Ток цепи измеряется амперметром, включенным последовательно с цепью.

Схема включения вольтметра  $V$  и амперметра  $A$  показана на рисунках:



Ток и напряжение на участке электрической цепи с резистивным элементом  $R$  связаны

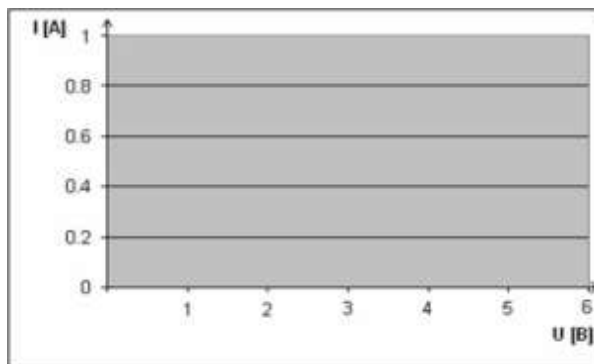


законом Ома: 
$$I = \frac{U}{R}$$

**1. Исследование зависимости силы тока от напряжения на данном участке цепи.**

Включите ток. При помощи реостата доведите напряжение на зажимах проволочного резистора до 1.5 В, затем до 2 В и до 3 В. Каждый раз при этом измеряйте силу тока и результаты записывайте в табл. 1.

Таблица 1.



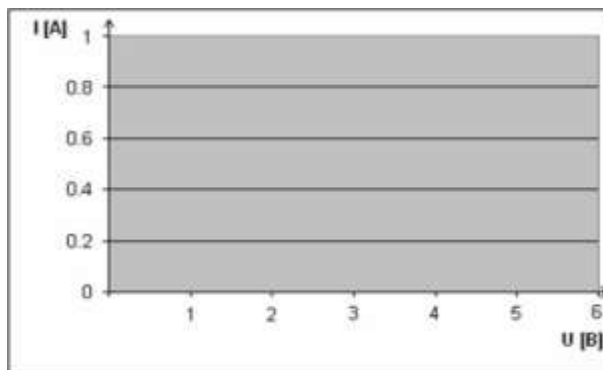
<b>U, В напряжение</b>			
<b>I, А сила тока</b>			

Построить график зависимости силы тока от напряжения

**2. Исследование зависимости силы тока от сопротивления участка цепи при постоянном напряжении на его концах.**

Включите в цепь по той же схеме проволочный резистор сначала сопротивлением **4 Ом**, затем **6 Ом** и **12 Ом**. При помощи реостата устанавливайте на концах участка каждый раз одно и то же напряжение, например, **2 В**. Измеряйте при этом силу тока, результаты записывайте в таблицу 2.

Таблица 2.



<b>R, Ом</b> сопротивление			
<b>I, А</b> сила тока			

Построить график зависимости силы тока от сопротивления

#### Форма предоставления результата

1. Результаты измерений и вычислений занести в таблицы 1 и 2 с построением соответствующих графиков.
2. Сделать вывод по работе.

#### Контрольные вопросы

1. Напряжение на зажимах электрического утюга 220В, Сопротивление нагревательного элемента утюга 50 Ом. Чему равна сила тока в нагревательном элементе?
2. Сила тока спирали электрической лампы 0,7А, сопротивление лампы 310Ом. Определите напряжение, под которым находится лампа.
3. Можно ли включить в сеть с напряжением 220Вольт реостат, на котором написано: а) 300м, 5А; б)2000 Ом, 0,2 А.



4. Даны графики зависимости силы тока от напряжения для каждого из двух параллельно соединённых проводников (см.рис.1). Определить силу тока в неразветвлённой части, цепи, когда напряжение на концах участка. 2 В.

Рис.1

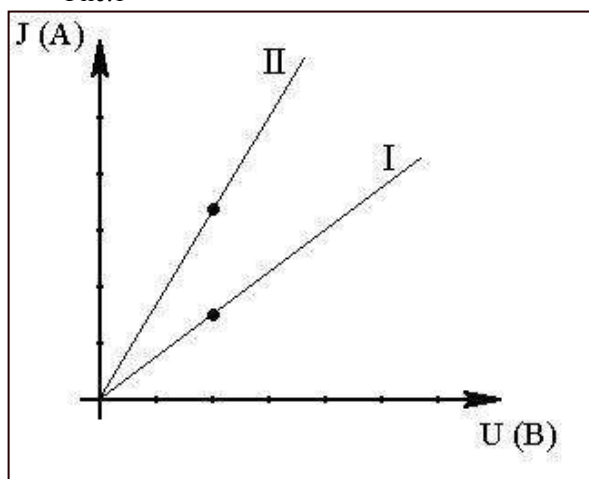
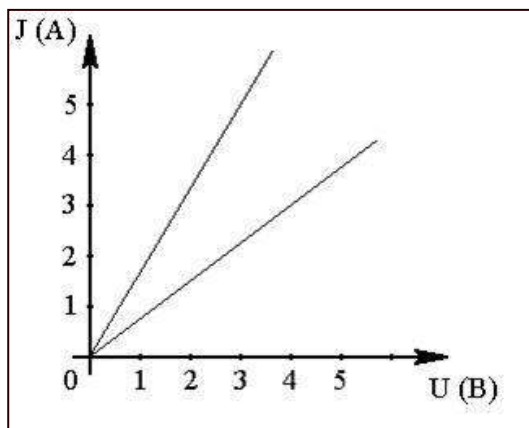


Рис. 2



5. Даны графики зависимости силы тока от напряжения двух участков цепи (см.рис.2). На каком участке сопротивление больше и во сколько раз?

## Тема 3.2 Законы постоянного тока

### Лабораторная работа №9

#### Опытная проверка закономерностей параллельного соединения проводников

**Цель работы:** проверить законы параллельного соединения проводников экспериментальным путем.

**Количество часов:** 2

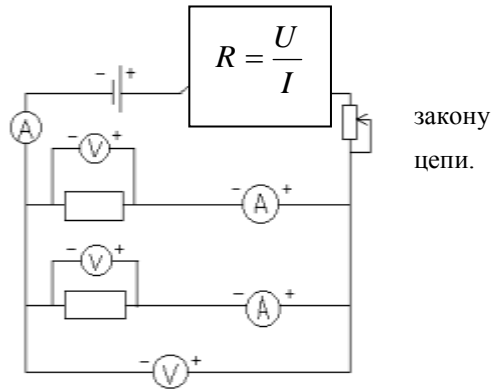
**Материальное обеспечение:** источник электрической энергии, резисторы, три амперметра постоянного тока, три вольтметра постоянного тока, реостат ползунковый, ключ, соединительные провода.

#### Задание

1. Научиться измерять напряжение на любом участке цепи.
2. Определять сопротивление проводника, включенного в электрическую цепь.
3. Проверить выполнение закономерностей параллельного соединения проводников.

#### Порядок выполнения работы

1. Собрать электрическую цепь по схеме:
2. Снять показания амперметров  $I_1, I_2, I_{ОБЩ.}$ .
3. Снять показания вольтметров  $U_1, U_2, U_{ОБЩ.}$ .
4. Вычислить значения  $R_1, R_2, R_{ОБЩ.}$  по Ома для участка цепи.
5. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 1.
6. Передвинуть ползунок реостата, вторично снять показания приборов и вычислить сопротивления.



7. Результаты измерений и вычислений занести в 1.
8. Для каждого опыта проверить соотношения:
9. Сделать вывод по работе.

$$I_{ОБЩ.} = I_1 + I_2$$

$$U_{ОБЩ.} = U_1 = U_2$$

$$\frac{1}{R_{ОБЩ.}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

таблицу

### Форма предоставления результата

Номер опыта	Сила тока, А			Напряжение, В			Сопротивление, Ом		
	$I_1$	$I_2$	$I_{ОБЩ.}$	$U_1$	$U_2$	$U_{ОБЩ.}$	$R_1$	$R_2$	$R_{ОБЩ.}$
1									
2									

### Контрольные вопросы

1. Какое соединение проводников называется параллельным?
2. По какой формуле определяется сопротивление двух параллельных проводников R?
3. Три проводника сопротивлением 6 Ом каждый соединены параллельно. Начертить схему их соединения и рассчитать общее сопротивление всех проводников.

## Тема 3.2 Законы постоянного тока

### Лабораторная работа №10

#### Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока

**Цель работы:** опытным путём научиться определять ЭДС, источника и его внутреннее сопротивление.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** источник электрической энергии, амперметр, ключ, вольтметр, соединительные провода, потребитель электрической энергии.

#### Задание

1. Используя вольтметр, определить ЭДС источника тока.
2. Определить величину ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока, используя показания амперметра и вольтметра.

#### Порядок выполнения работы

1. Соберите электрическую цепь по схеме (Рис.1)
2. Определите цену деления электроизмерительных приборов.
3. Измерьте ЭДС источника тока. Для этого определите показания вольтметра при разомкнутом ключе.
4. Измерьте величины силы тока и напряжения на внешней части цепи, замыкая ключ. Рассчитайте сопротивление по формуле:  $R = \frac{U}{I}$
5. Изменяя положения движка реостата, повторите измерения (п.3) ещё дважды.
6. Вычислите величину внутреннего сопротивления по формуле:  $r = \frac{\varepsilon - IR}{I}$
7. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 1.
8. Сделать вывод по работе.

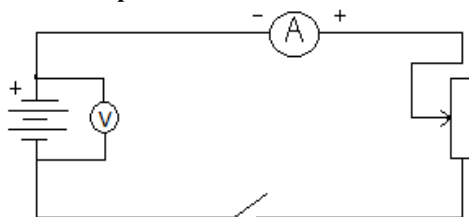


Рис. 1

### Форма предоставления результата

№ п\п	ε, В	U, В	I, А	R, Ом	R, Ом	R, Ом	ε <sub>ср</sub> , В	$\delta = \frac{\varepsilon - \varepsilon_{cp}}{\varepsilon} \cdot 100\%$
1								
2								
3								

#### Контрольные вопросы

1. Почему показания вольтметра при разомкнутом и замкнутом ключе различны?
2. Для измерения ЭДС источника тока и его внутреннего сопротивления студент собрал схему, изображённую выше. При этом вольтметр показал 5 вольт, а амперметр – 1 Ампер. После размыкания ключа вольтметра показал 6 Вольт. Чему равны ЭДС источника тока и его внутреннее сопротивление?
3. ЭДС источника тока 3 В, а внутреннее сопротивление 0,5 Ом. Сопротивление внешней части цепи 10 Ом. Найдите силу тока в цепи.
4. Сила тока в цепи равна 0,4 А., внутреннее сопротивление источника тока 0,5 Ом, внешнее-4,5 Ом. Какова ЭДС источника?

## Тема 3.2 Законы постоянного тока

### Лабораторная работа №11

#### Исследование зависимости мощности, потребляемой лампой накаливания от напряжения на ее зажимах

**Цель работы:** исследовать зависимость мощности, потребляемой лампой накаливания от напряжения на ее зажимах

**Количество часов:** 2

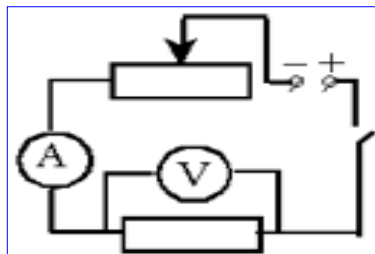
**Материальное обеспечение:** батарея аккумулятора, электрическая лампочка с патроном, реостат со скользящим контактом, амперметр, вольтметр постоянного тока, соединительные провода, ключ.

#### Задание

1. Выяснить, как зависит мощность электрического тока от напряжения и силы тока в цепи.
2. Экспериментальным путём подтвердить эту зависимость.

#### Порядок выполнения работы

1. Собрать цепь по схеме.
2. Замкнуть цепь и измерить наибольшее напряжение на зажимах лампы и величину тока в цепи, а затем вычислить мощность тока  $P=I \cdot U$ .
3. Уменьшить напряжение на зажимах лампы с помощью реостата и измерить силу тока в цепи, а затем вычислить мощность тока.
4. Произвести опыт ещё раз, уменьшив напряжение на зажимах.
5. Результаты всех измерений и вычислений записать в таблицу 1.
6. Проанализировать изменение мощности, потребляемой лампой накаливания, при изменении напряжения на её зажимах.
7. Сделать вывод по работе.



## Форма предоставления результата

Таблица 1.

№ п\п	Сила тока, А	Напряжение, В	Мощность, Вт
1			
2			
3			

### Контрольные вопросы

1. Что называют мощностью и как её рассчитать?
2. Что принимают за единицу мощности? Как выражается единица мощности через единицы напряжения и силы тока?
3. Какие единицы мощности используют в практике?
4. В цепь с напряжением 127 В включена электрическая лампа, сила тока в которой 0,6А. Найти мощность тока в лампе.
5. Электроплитка рассчитана на напряжение 220В и силу тока 3А. Определите мощность тока в плитке.

## Тема 3.3 Электрический ток в различных средах

### Лабораторная работа №12

#### Определение электрохимического эквивалента меди

**Цель работы:** определить электрохимический эквивалент меди экспериментальным путем.

**Количество часов:** 2

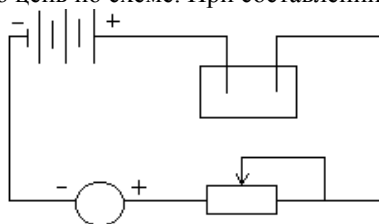
**Материальное обеспечение:** весы и разновесы; амперметр; часы; электроплитка; аккумуляторная батарея; реостат; ключ; медные электроды (2 шт.) со вставкой; соединительные провода; электролитическая ванна с раствором медного купороса.

#### Задание

1. Пронаблюдать явление электролиза меди из раствора медного купороса.
2. Научиться определять электрохимический эквивалент по результатам эксперимента.

#### Порядок выполнения работы

1. Очистить наждачной бумагой катодную пластинку, определить взвешиванием массу пластинки ( $m_1$ ).
2. Составить электрическую цепь по схеме. При составлении цепи взвешенный электрод соединить с отрицательным полюсом источника электрической энергии.
3. Замкнуть цепь и заметить время включения тока.
4. Через 15-20 минут разомкнуть цепь.
5. Вынуть катодную пластинку, промыть и просушить.
6. Взвешиванием определить массу катода ( $m_2$ ) после пропускания тока.
7. Найти массу ( $m$ ) выделившейся на катоде при электролизе по формуле:  
где  $m_1$ - начальная масса пластинки, кг;  $m_2$ - конечная масса пластинки, кг.
8. Вычислить электрохимический эквивалент меди из формулы:  
где  $m$ - масса выделившегося вещества, кг;  
 $I$ - сила тока, А;  $t$ - время электролиза, с.
9. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу 1.





10. Сравнить полученный результат с табличным.
11. Вычислить абсолютную  $\Delta$  и относительную  $\varepsilon$  погрешности измерений по формулам:
12. Сделать вывод по работе.

$$\Delta = |K_{ТАБЛ.} - K_{ПОЛУЧ.}|$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{K_{ТАБЛ.}} \cdot 100\%$$

### Форма предоставления результата

Таблица 1

№ опы	Масса меди, отложившейся на катоде $m, кг$	Время пропускания тока $t,$	Величина силы тока $I, A$	Электрохимический эквивалент меди $K, \frac{кг}{Кл}$	Абсолютная погрешность $\Delta, \frac{кг}{Кл}$	Относительная погрешность $\varepsilon, \%$

### Контрольные вопросы

1. Чем обусловлен электрохимический ток в электролитах?
2. Как рассчитать массу выделившегося вещества на электроде?
3. От чего зависит электрохимический эквивалент?
4. Какой физический смысл электрохимического эквивалента?
5. Какое оборудование и измерительные приборы нужно иметь, чтобы вычислить электрохимический эквивалент?
6. Назвать рабочую формулу для вычисления электрохимического эквивалента.
7. На каком из электродов выделяется медь в чистом виде и почему?
8. В электролитическую ванну поместим медную пластинку, служащую анодом. Пластинка покрыта воском, на котором нацарапан рисунок. Что получится после пропускания тока и удаления воска с пластины?
9. Что такое гальваностегия, гальванопластика.
10. Через раствор медного купороса прошло 20 кКл электричества. При этом на одном из электродов выделилась в чистом виде массой 6,6 грамм меди. Определить электрохимический эквивалент меди.
11. Сколько никеля выделится при электролизе за 1 час при силе тока 5Ампер, если известно, что молярная масса никеля 58,71г/моль, а валентность равна 2.

12. Определите массу серебра, выделившегося на катоде при электролизе азотнокислого серебра в течение 2 часов, если к ванне приложено напряжение 1,2 В, а сопротивление ванны 5 Ом.
13. Электролиз медного купороса проходил при токе 5 Ампер в течение 50 минут. Какое количество меди выделилось на катоде, если  $k_{Cr} = 3,3 \cdot 10^{-7} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$ .

## Тема 3.3 Электрический ток в различных средах

### Лабораторная работа №13

#### Изучение электрических свойств полупроводников

**Цель работы:** углубить понимание физического смысла понятия полупроводник и механизма его проводимости.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** источник тока, амперметр, реостат, ключ, диод, соединительные провода.

#### Задание

1. Изучить свойства электронно-дырочного перехода и использование его в полупроводниковых приборах.
2. Уметь начертить электрическую схему и объяснить принцип действия выпрямителя и усилителя тока на полупроводниковых диодах и триодах.

#### Порядок выполнения работы

Полупроводники характеризуются отличной от проводников проводимостью: собственной, дырочной (р-типа) и электронной (n-типа).

Полупроводники могут иметь два типа примесной проводимости: электронную (n-тип), обусловленную донорными примесями, и дырочную (р-тип), обусловленную акцепторными примесями. В n-полупроводнике основные носители заряда – электроны, а в р-полупроводнике – дырки. Кроме основных носителей заряда в каждом веществе в значительно меньшем количестве содержатся и неосновные носители заряда противоположного знака. Они возникают за счет разрушения ковалентных связей.

Если два проводника с проводимостью разного рода привести в контакт, то на месте контакта образуется запирающий слой, который хорошо проводит ток в одном направлении и практически не проводит тока в другом. Это свойство используется в полупроводниковой технике.

Граница соприкосновения двух полупроводников, один из которых имеет электронную, а другой – дырочную проводимость, называется р-n переходом. Практически р-n переход создается не механическим контактом двух полупроводников, а внесением донорных и акцепторных примесей в различные части чистого полупроводника. Эти переходы являются основной большинства современных полупроводниковых приборов.

### Проверка односторонней проводимости диода.

1. Составить цепь по схеме рисунка 1.
2. Диод Д2 включить в прямом (пропускном) направлении: отметка «+» должна быть обращена к полюсу источника ЭДС. Замкнуть цепь и отметить показания амперметра. Цепь разомкнуть.
3. Диод Д2 включить в обратном направлении (запорном). Цепь замкнуть и убедиться в отсутствии тока в цепи. Цепь разомкнуть.
4. Результаты наблюдений занести в таблицу 1.

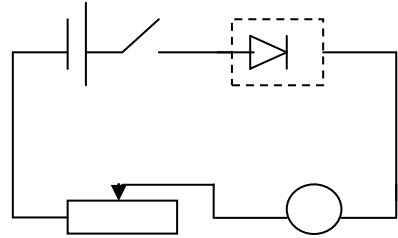


Рис.

### Снятие вольтамперной характеристики диода.

1. Составить цепь по схеме рисунка 2:
2. Диод включить в пропускном направлении.
3. Замкнуть цепь. Подобрать положение движка реостата так, чтобы вольтметр показал самое малое напряжение. Снять показания измерительных приборов.
4. Перемещать постепенно движок реостата и снять не менее 7 значений напряжения и силы тока. Разомкнуть цепь.
5. Результаты измерений занести в таблицу 2.
6. Построить график зависимости  $I(U)$ . По оси  $OX$  откладывать  $U$  (В), по оси  $OY$  -  $I$  (А).
7. Сделать вывод.

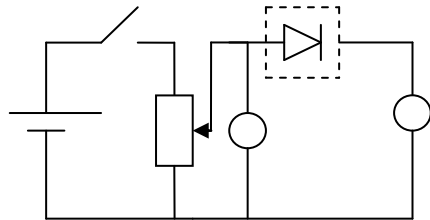


Рис.2

### Форма предоставления результата

Таблица 1

Проверка односторонней проводимости диода.

№ п/п	Способ включения	Показания амперметра

Таблица 2

Снятие вольтамперной характеристики диода.

№ п/п	Ток, проходящий через диод, I (А)	Напряжение, поданное на диод, U (В)

### Контрольные вопросы

1. В чём различие проводимости проводников и полупроводников?
2. Какой тип полупроводника получится, если к германию добавить примесь фосфора?
3. Какой тип полупроводника получится, если к германию добавить примесь индия?
4. Какое явление наблюдается при встрече свободного электрона с дыркой в полупроводнике?
5. Как можно усилить интенсивность генерации пар «электрон-дырка»?
6. Как объяснить увеличение удельного сопротивления полупроводника при уменьшении температуры?
7. Что является в схеме триода входной цепью, а что – выходной?
8. как следует включить в цепь транзистор, чтобы он действовал и как диод в прямом направлении?
9. Что показывает вольт-амперная характеристика диода?

## Тема 4.1 Механические колебания и волны

### Лабораторная работа №14

#### Изучение зависимости периода колебаний математического маятника от его длины

##### Цель работы:

1. Определить период и частоту колебаний математического маятника.
2. Показать зависимость периода и частоты колебаний от длины самого маятника

##### Количество часов: 2

**Материальное обеспечение:** штатив с держателем, шарик, подвешенный на нити длиной около метра, линейка, секундомер.

##### Задание

1. Изучить колебательное движение нитяного маятника.
2. Определить период и частоту при колебаниях маятника с разной длиной нити.
3. Выяснить, как эти характеристики зависят от длины маятника.

##### Порядок выполнения работы

1. Измерить длину нити
2. Подсчитать число колебаний, время и вычислить период колебаний по формуле: 
$$T = \frac{t}{n}$$
3. Изменить длину нити, посчитать число колебаний, время и вычислить период колебаний при данной длине.
4. Данные измерений и вычислений занести в таблицу
5. Определить частоту колебаний по формуле: 
$$\nu = \frac{1}{T}$$
6. Полученные данные занести в таблицу 1.
7. Сравнить период и частоту математического маятника, полученные разными способами.
8. Сделать вывод по работе.

##### Форма предоставления результата

Таблица 1.

№ опыта	1	2
Длина маятника $l$ , м		
Число колебаний $n$		
Время колебаний $t$ , с		
Период колебаний $T$ , с		

**Контрольные вопросы****1 вариант**

1. Что называют колебанием? Когда колебания называются свободными, вынужденными, собственными?
2. Какая сила называется возвращающей?
3. Сформулируйте определение математического маятника.
4. Что называется фазой колебания?
5. При каких условиях можно наблюдать явление механического резонанса?
6. Маятник совершил 20 колебаний за 1 минуту 10 секунд. Найти период, частоту и циклическую частоту колебаний.
7. Уравнение колебаний имеет вид:  $X=8 \cos 0,8t$ . Определить  $X_0$ ,  $T$ ,  $\nu$ ,  $\phi_0$ .
8. Найти массу груза, который на пружине жесткостью 350Н/м делает 30 колебаний.

**2 вариант**

2. Какие условия необходимы для возникновения и поддержания колебаний?
3. Каково различие между затухающими и незатухающими колебаниями?
4. Что называется периодом колебаний, в каких единицах он измеряется?
5. Как зависит период колебаний математического маятника от его длины?
6. При каких условиях можно наблюдать явление механического резонанса?
7. Сколько колебаний совершает математический маятник длиной 2 метра за 6 минут? Какова собственная частота этих колебаний?
8. Уравнение колебаний имеет вид:  $X=10 \cos 1,2t$ . Определить  $X_0$ ,  $T$ ,  $\nu$ ,  $\phi_0$ .
9. Найти частоту колебаний груза массой 200грамм, подвешенного к пружине жесткостью 16 Н/м.

## Тема 4.2 Электромагнитные колебания и волны

### Лабораторная работа №15

#### Изучение устройства трансформатора, генератора.

**Цель работы:** изучить устройство и принцип работы

трансформатора. генератора.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** трансформатор лабораторный, лампа накаливания, ключ замыкания тока, комплект проводов соединительных.

#### Задание

1. Изучить строение, назначение и принцип действия трансформатора
2. Изучить строение, назначение и принцип действия генератора.

#### Порядок выполнения работы

##### Изучение устройства трансформатора

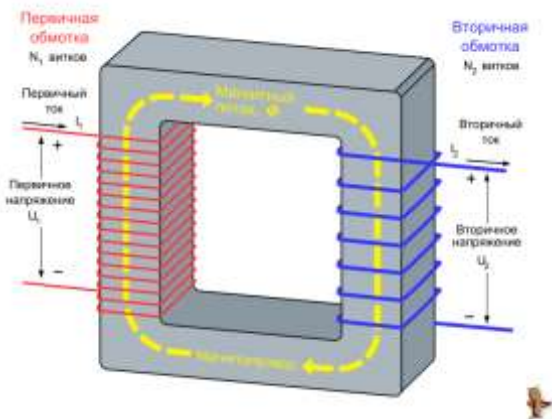
Трансформатор преобразует переменный ток одного напряжения при неизменной частоте. Он состоит из замкнутого сердечника, изготовленного из специальной листовой трансформаторной стали, на котором располагаются две катушки (их называют обмотками) с разным числом витков из медной проволоки.

Одна из обмоток, называется первичной, подключается к источнику переменного напряжения. Устройства, потребляющие электроэнергию, подключаются к вторичной обмотке, их может быть несколько.

При выполнении работы следует изучить устройство трансформатора, включить его в сеть переменного тока (36 В). В режиме холостого хода измерить напряжение на обмотках и вычислить коэффициент трансформации, а при работе трансформатора «под нагрузкой» установить связь между токами и напряжением в обмотках.

Трансформатор состоит из двух катушек и сердечника. Сердечник состоит из двух половин, которые





вставляют в катушку и с помощью скобы закрепляют на основании.

### Ход работы

1. Рассмотрите устройство трансформатора. Определите первичную обмотку (клеммы с надписью: 36 или 42 В) и две вторичных клеммы 2,2 В и 4,4 В)
2. Начертите электрическую схему трансформатора.
3. Разберите трансформатор. Для этого поверните его основанием вверх и открутите две гайки крепления скобы. Выньте сердечник и рассмотрите его устройство.
4. Соберите трансформатор. Для этого вставьте сердечник со скобой в катушки. Установите трансформатор на основание и закрепите его гайками.

### Изучение устройства генератора.

Генератор постоянного тока (рис. 1) состоит из двух частей: неподвижной и вращающейся. Неподвижная часть (статор) является остовом машины и одновременно служит для создания магнитного потока. Во вращающейся части, называемой якорем (ротором), индуцируется электродвижущая сила - ЭДС.

Конструкция генератора постоянного тока (см. рис.2).

Неподвижная часть состоит из станины (1), главных полюсов (2) с обмоткой возбуждения (3) и дополнительных полюсов (4), уменьшаемых искрение под щетками.

Якорь имеет сердечник (5), набираемый из тонких стальных листов, обмотку якоря (6), заложенную в пазы сердечника и коллектор (7). На поверхность коллектора наложены угольно-графитовые щетки (8), обеспечивающие скользящий контакт с обмоткой вращающегося якоря. Коллектор имеет форму цилиндра и выполняется из изолированных медных пластин - ламелей - к которым подсоединены секции якорной обмотки. Вращаясь вместе с обмоткой, коллектор выполняет роль механического выпрямителя.

Обмотка возбуждения создает главный магнитный поток  $\Phi$  полюсов. В генераторах с независимым возбуждением она питается от постороннего источника постоянного тока (выпрямителя, аккумулятора и т.п.). С генератором с параллельным возбуждением обмотка главных полюсов подключена к главным щеткам, т.е. параллельно цепи якоря. В связи с этим для возникновения магнитного потока и ЭДС необходим хотя бы слабый остаточный магнитный поток. Благодаря наличию остаточного магнетизма возникает процесс самовозбуждения генератора.

Рис. 1.

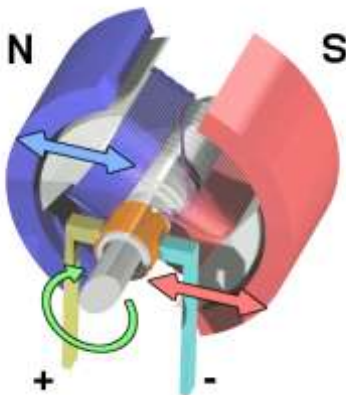
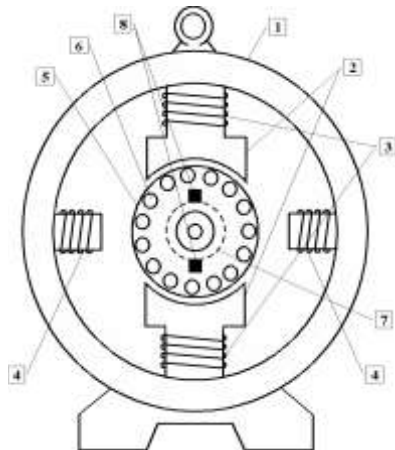


Рис. 2.



### Форма предоставления результата

Изучение устройства трансформатора

- в. Строение трансформатора начертить, составные части указать, формулы записать, на контрольные вопросы ответить.

Изучение устройства генератора.

2. Строение генератора начертить, составные части указать, формулы записать, на контрольные вопросы ответить.

### **Контрольные вопросы**

#### **1 вариант**

1. Что называют индукционными генераторами?
2. Какой трансформатор называют повышающим, а какой понижающим?
3. Что такое холостой ход трансформатора?
4. Почему сердечник трансформатора изготавливают из стали, а не из меди?
5. В первичной обмотке трансформатора, включенной в сеть с напряжением 380В. Содержится 1320 витков. Определить напряжение на вторичной обмотке, если она содержит 300 витков. Вид трансформатора указать, ответ пояснить.

#### **2 вариант**

1. Назовите основные части генератора переменного тока.
2. Доказать, что у повышающего трансформатора  $K > 1$ .
3. Изменяет ли трансформатор частоту преобразуемого переменного тока?
4. Почему сердечник трансформатора собирают из отдельных пластин?
5. Если на первичную обмотку трансформатора подается напряжение 220В, то на вторичной обмотке при холостом ходе получается напряжение 130В. Число витков первичной обмотки равно 400. Определить число витков во вторичной обмотке. Вид трансформатора указать, ответ пояснить.

#### **3 вариант**

1. Какова роль индуктора и якоря в устройстве генератора переменного тока?
2. Что такое понижающий трансформатор?
3. Почему сердечник трансформатора делают не сплошным. А из множества пластин, изолированных друг от друга?
4. Почему мощность, потребляемая от вторичной обмотки, меньше мощности, подводимой к первичной обмотке?
5. Сколько витков должна иметь вторичная обмотка трансформатора для понижения напряжения с 12000 до 120В, если первичная обмотка содержит 4000 витков? Вид трансформатора указать, ответ пояснить.

## Тема 5.1 Природа света. Волновые свойства света

### Лабораторная работа №16

#### Определение показателя преломления стекла

**Цель работы:** определить показатель преломления стекла экспериментальным путем.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** пластинка с параллельными гранями; булавки; чистый лист бумаги; лист картона; транспортир; подъемный столик; таблица значения тригонометрических функций.

#### Задание

1. Построить ход светового луча через стеклянную пластину.
2. Проанализировать ход светового луча через стеклянную пластину.
3. Определить показатель преломления стекла и рассчитать погрешность эксперимента.

#### Порядок выполнения работы

1. На подъемный столик положить чистый лист бумаги с подложенным снизу картоном.
2. С одной стороны стекла наколоть две булавки 1 и 2 так, чтобы прямая, проходящая через них, составляла угол  $\alpha_1$  с перпендикуляром к плоскости пластинки (см. рис.1).

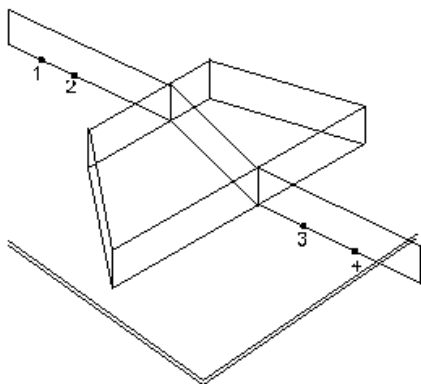


Рис. 5

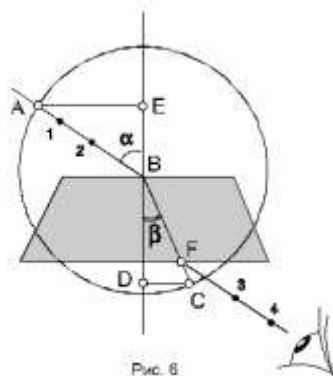


Рис. 6

3. Поднять рисунок на уровне глаз и, наблюдая через пластинку, наколоть две другие булавки так, чтобы все четыре булавки оказались на одной прямой.
4. Стекло и булавки снять, места наколов отметить точками 1,2,3,4 и через них провести прямые линии до пересечения с границами стекла (рис.2). Провести через точки 2 и 3 перпендикуляры к границам сред АВ и СD.
5. Транспортиром измерить углы падения  $\alpha$  и углы преломления  $\beta$ .
6. По таблице значений синусов определить синусы измеренных углов.
7. Вычислить коэффициент преломления по формуле:
8. Опыт повторить три раза.
9. Результаты измерений, вычислений и табличные данные записать в таблицу 1.
10. Вычислить абсолютную ( $\Delta$ ) и относительную ( $\varepsilon$ ) погрешности по формулам:
11. Сделать вывод по работе

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{n_{табл.}} \cdot 100\%$$

$$\Delta = |n_{табл.} - n_{ср.}|$$

Таблица 1

### Форма предоставления результата

№ опыт	Угол падения светового луча $\alpha, ^\circ$	Угол преломления светового луча $\beta, ^\circ$	Коэффициент преломления $n$	Среднее значение коэффициента преломления $n_{ср}$	Табличное значение коэффициента преломления $n_{табл.}$	Абсолютная погрешность $\Delta$	Относительная погрешность $\varepsilon, \%$
1							
2							
3							

### Контрольные вопросы

1. Что называют световым лучом?
2. Сформулируйте закон отражения света.
3. Каков физический смысл показателя преломления света?
4. Чем отличается абсолютный показатель преломления света от относительного?
5. Сформулируйте закон преломления света.
6. Что называют полным отражением света?
7. Какова скорость распространения света в вакууме?
8. Что называется оптической плотностью вещества?
9. Луч света переходит из среды оптически более плотной в среду оптически менее плотную. Как изменяется при этом частота колебаний и длина волны?
10. В чем состоит принцип Гюйгенса?
11. Луч переходит из воды в стекло. Угол падения  $\alpha = 30^\circ$ . Найти угол преломления. ( $n_{\text{в}} = 1,3$ ;  $n_{\text{ст}} = 1,6$ ).
12. Угол преломления света в глицерине  $45^\circ$ . Найти угол падения в воздухе ( $n_{\text{гл}} = 1,47$ ).
13. Луч падает на поверхность воды под углом  $30^\circ$ . Под каким углом должен упасть луч на поверхность алмаза, чтобы угол преломления остался таким же? ( $n_{\text{возд.}} = 1$ ,  $n_{\text{воды}} = 1,33$ ,  $n_{\text{алм.}} = 2,42$ ).
14. Найти разность скоростей света в воде и стекле, если  $n_{\text{воды}} = 1,33$ ,  $n_{\text{стек.}} = 1,5$ .
15. Определить предельный угол полного отражения для воды, стекла, алмаза. ( $n_{\text{ст.}} = 1,6$ ;  $n_{\text{воды}} = 1,33$ ,  $n_{\text{алм.}} = 2,42$ ) (Отв.:  $\alpha_{01} = 49^\circ$ ,  $\alpha_{02} = 40^\circ$ ,  $\alpha_{03} = 24^\circ$ ).

## Тема 5.1 Природа света. Волновые свойства света

### Лабораторная работа №17

#### Наблюдение интерференции и дифракции света

**Цель работы:** экспериментальным путём пронаблюдать интерференцию и дифракцию света

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** пластины стеклянные – 2 шт., лампа с прямой нитью накала, штангенциркуль.

#### Задание

1. Пронаблюдать и изучить интерференционные картины.
2. Пронаблюдать и изучить дифракционные спектры.

#### Порядок выполнения работы

##### Наблюдение интерференции света.

1. Стеклянные пластины тщательно протереть, сложить вместе и сжать пальцами.
2. Рассмотреть пластины в отражённом свете на тёмном фоне (располагать их надо так, чтобы на поверхности стекла не образовывались слишком яркие блики от окон или от белых стен).
3. В отдельных местах соприкосновения пластин наблюдать яркие радужные кольцеобразные или неправильной формы полосы.
4. Заметить изменение формы и расположения полученных интерференционных полос с изменением нажима.
5. Попытаться увидеть интерференционную картину в проходящем свете.

##### Наблюдение дифракции света.

1. Установить между губками штангенциркуля щель шириной 0,5 мм.
2. Приставить щель вплотную к глазу, расположив её вертикально.
3. Смотря сквозь щель на вертикально расположенную светящуюся нить, наблюдать по обе стороны нити радужные полосы (дифракционные спектры).
4. Изменяя ширину щели от 0,5 до 0,8 мм, заметить, как это влияет на дифракционные спектры.

5. Заполнить таблицу 1, сделать вывод по наблюдаемым явлениям.

**Форма предоставления результата**

Таблица 1

№ п\п	интерференция		дифракция	
	Нажатие	Вид интерференционных полос	Размер щели, мм	Вид дифракционного спектра
1	сильное		0,5	
2	среднее		0,6	
3	слабое		0,8	

**Контрольные вопросы**

1. Как получают когерентные световые волны?
2. В чём состоит явление интерференции света?
3. С какой физической характеристикой световых волн связано различие в цвете?
4. После удара камнем по прозрачному льду возникают трещины, переливающиеся всеми цветами радуги. Почему?
5. Перечислите основные применения интерференции.
6. Что называют дифракцией света? Когда она наблюдается?
7. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.



## Тема 5.1 Природа света. Волновые свойства света

### Лабораторная работа №18

#### Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки

**Цель работы:** изучение явления дифракции и определения длины волны света

**Количество часов:** 2

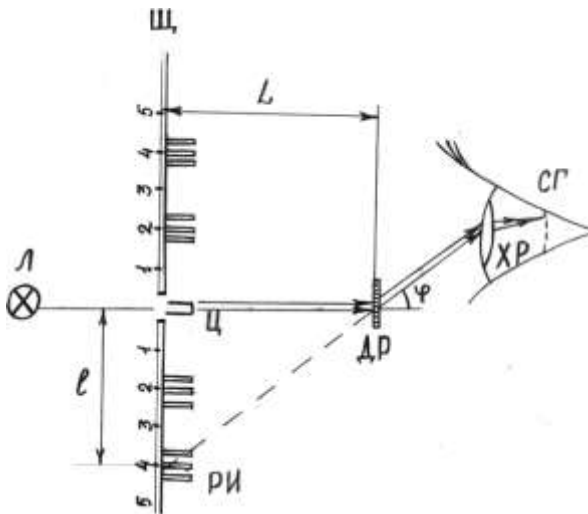
**Материальное обеспечение:** дифракционная решетка, источник света, установка для наблюдения дифракционной картины

#### Задание

1. В ходе эксперимента пронаблюдать дифракцию света.
2. Опытным путем вычислить длину световой волны.

#### Порядок выполнения работы

Схема  
установки



Установка для наблюдения дифракционной картины состоит из деревянной рейки, на которой укреплена дифракционная решётка  $ДР$ . По рейке перемещается щиток  $Щ$  с узкой щелью и линейкой с миллиметровой шкалой. Роль линзы выполняет хрусталик глаза  $ХР$ . Изображение щели образуется на сетчатке глаза  $СГ$  и наблюдается на фоне миллиметровой шкалы. Размерами глазного яблока и расстоянием от глаз до решётки можно

пренебречь по сравнению с расстоянием от щели до решётки  $L$ . Щель освещается электрической лампочкой  $L$ . Если смотреть на освещённую светом щель через дифракционную решётку, то кроме центрального  $\Pi$  изображения щели в белом свете по обе стороны видны её симметричные радужные изображения РИ (спектры). Угол дифракции определяется по положению дифракционного максимума на миллиметровой шкале.

Из геометрических построений ясно, что  $l/L = \operatorname{tg} \varphi$ , где  $l$  – расстояние от центрального изображения щели ( $k = 0$ ) до одного из боковых изображений;  $L$  – расстояние от решётки до щели. Учитывая, что  $\operatorname{tg} \varphi \approx \sin \varphi$  для малых углов дифракции, получим

(1)

Используя формулу (1) и условие главного максимума интенсивности света, прошедшего сквозь решетку

$$c \sin \varphi = k\lambda,$$

где  $c$  – постоянная решетки (или другое название – период решетки)  $k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$  – номер или порядок максимума, получим выражение для вычисления длины волны  $\lambda$ , в котором все

величины легко измеряются на установке:

(2)

### Выполнение работы

1. Включите установку в сеть.
2. Приблизив глаз к дифракционной решётке, направьте прибор на источник света так, чтобы были видны по обе стороны от щели на щитке дифракционные спектры 1-го и 2-го порядков.
3. Замерьте расстояние  $L$  – от щитка до дифракционной решётке .
4. Замерьте расстояние  $l$  – от середины центрального максимума до середины максимума первого порядка синего цвета.
5. По формуле (2) вычислите длину волны синего цвета.
6. Опыт проделайте для второго порядка синего цвета. Полученные данные занесите в таблицу.
7. Аналогичные измерения проведите для желтого, зеленого и красного цветов по указанию преподавателя.
8. Рассчитайте отклонение от среднего  $\Delta\lambda = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{2}$  и занесите в таблицу 1.

Таблица 1.

Цвет	k	$l$ см	$\lambda$ , нм	$\langle \lambda \rangle$ , нм	$\Delta \lambda$ , нм
синий	1				
	2				
зеленый	1				
	2				
желтый	1				
	2				
красный	1				
	2				

9. Сделайте вывод по работе.

### Форма предоставления результата

1. Заполнить таблицу 1, сделав необходимые расчёты под таблицей.

Цвет	k	$l$ см	$\lambda$ , нм	$\langle \lambda \rangle$ , нм	$\Delta \lambda$ , нм
синий	1				
	2				
зеленый	1				
	2				
желтый	1				
	2				
красный	1				
	2				

2. Сделайте вывод по работе.

### Контрольные вопросы.

1. Что такое дифракция? В каких конкретных явлениях она проявляется?
2. Как формулируется принцип Гюйгенса-Френеля?
3. Что такое главные максимумы? Как они возникают?
4. Что такое дифракционные минимумы? Какова их природа?
5. Что происходит с дифракционной картиной при увеличении числа щелей  $N$ ? (Пояснить графически).
6. Что такое дифракционная решетка? Как она изготавливается?
7. Как записать и объяснить формулу главных максимумов (формулу дифракционной решетки)?
8. Какая картина наблюдается на экране при освещении решетки белым светом, светом ртутной лампы?
9. Начиная с какого порядка  $m$  перекрываются дифракционные спектры видимого света?
10. Какова роль линзы зрительной трубы в образовании

дифракционной картины? Можно ли линзу заменить глазом?

11. На каком расстоянии от линзы зрительной трубы следует установить экран для наблюдения дифракционной картины?
12. Какое применение имеет дифракция в науке и технике?
13. Объясните возникновение белой полосы в центре дифракционной картины при освещении белым светом.
14. Каков порядок следования цветов в дифракционных спектрах?

## Тема 5.1 Природа света. Волновые свойства света

### Лабораторная работа №19

#### Наблюдение сплошного и линейчатого спектров

**Цель работы:** экспериментальным путём пронаблюдать спектры испускания и поглощения предлагаемых веществ.

**Количество часов:** 2

**Материальное обеспечение:** проекционный аппарат, спектральные трубки с водородом, неоном или гелием, высоковольтный индуктор, батарея аккумуляторов, штатив, соединительные провода (общие на аудиторию), стеклянная пластина со скошенными гранями (выдаётся каждому).

#### Задание

1. Пронаблюдать образование спектров испускания и поглощения.
2. Выявить причину образования спектра.

#### Порядок выполнения работы

Если излучение источника света направить на стеклянную призму, на пути прошедших через призму лучей поставить экран, то на экране можно наблюдать набор цветных полос – спектр. Причина наблюдаемого явления состоит в том, что световые лучи имеют одинаковую скорость  $C$  в вакууме, а в другой среде, (например, в стекле) их скорость неодинакова и зависит от частоты колебаний. Так как коэффициент преломления зависит от скорости распространения световых волн, то лучи разных частот определяются по-разному.

1. Расположить пластину горизонтально перед глазом. Сквозь грани, составляющие угол  $45^{\circ}$ , наблюдать светлую вертикальную полосу на экране – изображение раздвижной щели проекционного аппарата.
2. Выделить основные цвета полученного сплошного спектра и записать их в наблюдаемой последовательности.
3. Повторить опыт, рассматривая полосы через грани, образующие угол  $60^{\circ}$ . Записать различия в виде спектров.
4. Наблюдать линейчатые спектры водорода, гелия или неона, рассматривая светящиеся спектральные трубки сквозь грани спектральной пластины. Записать наиболее яркие линии спектров.
5. Результаты наблюдений представить в таблице 1.
6. Сделать вывод по работе.

#### Форма предоставления результата

Таблица 1

№ п\п	Расположение граней пластин под углом	Наблюдение сплошного спектра	Линейчатый спектр водорода	Линейчатый спектр гелия	Линейчатый спектр неона
1	45°				
2	60°				

### Контрольные вопросы

1. Какова причина разложения белого света призмой?
2. Как объяснить происхождение линейчатых спектров?
3. В чём различие дифракционного и дисперсионного спектров?
4. Почему по спектрам звёзд можно определить их химический состав?
5. Изменится ли цвет зелёного луча при переходе из воздуха в воду? Почему?

1.