

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

Многопрофильный колледж



УТВЕРЖДАЮ  
Директор  
Г.А. Махновский  
08.02.2023г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**БД.11 Физика**

**для обучающихся специальности**

**09.02.07 Информационные системы и программирование**

Магнитогорск, 2023

## **ОДОБРЕНО**

Предметной комиссией «Математических и  
естественнонаучных дисциплин»  
Председатель Е.С. Корытникова  
Протокол № 6 от 25.01.2023

Методической комиссией МпК  
Протокол № 4 от 08.02.2023

### **Разработчик (и):**

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» Многопрофильный колледж

М.В.Оренбуркина

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

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального(ых) модуля(ей) программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 09.02.07. Информационные системы и программирование и овладению профессиональными компетенциями.

## Содержание

1 ВВЕДЕНИЕ .....	5
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	8
Раздел 1 Механика Тема 1.1 Основы кинематики .....	8
Практическое занятие №1 Решение задач по кинематике. Уравнения движения .....	8
Тема 1.2 Динамика, динамика вращательного движения. Законы сохранения в механике .....	12
Практическое занятие № 2 Решение задач по теме: законы Ньютона, законы сохранения .....	12
Тема 1.2 Динамика, динамика вращательного движения. Законы сохранения в механике Практическое занятие №3. Законы сохранения в механике и их применение .....	19
Раздел 2 Молекулярная физика. Термодинамика .....	21
Тема 2.1 Основы молекулярно-кинетической теории и термодинамики. Агрегатные состояния вещества. Фазовые переходы .....	21
Практическое занятие №4 Решение задач по теме «Идеальный газ. Масса и размеры молекул».....	21
Тема 2.1 Основы молекулярно-кинетической теории и термодинамики. Агрегатные состояния вещества. Фазовые переходы .....	25
Практическое занятие №5 Решение задач по теме: “Свойства твердых тел. Виды деформации” .....	25
Раздел 3 Электродинамика.....	30
Тема 3.1 Электростатика .....	30
Практическое занятие №6. Решение задач по теме «Электрическое поле. Электрические заряды. Законы электростатики.» .....	30
Тема 3.4 Магнитное поле Электромагнитная индукция .....	33
Практическое занятие №7 Решение задач по теме «Магнитное поле и его характеристики. Магнитная индукция» .....	33
Тема 3.4 Магнитное поле Электромагнитная индукция .....	37
Практическое занятие №8. Решение задач по теме «Электромагнитная индукция. Самоиндукция» .....	37
Раздел 4 Колебания и волны .....	40
Тема 4.2 Электромагнитные колебания и волны .....	40
Практическое занятие №9 Решение задач на виды сопротивлений в цепях переменного тока. Формулы трансформатора.....	40
Тема 4.2 Электромагнитные колебания и волны .....	45
Практическое занятие №10. Решение задач по теме «Законы Ома, Законы Кирхгофа» .....	45
Тема 4.2 Электромагнитные колебания и волны .....	51
Практическое занятие № 11 Решение задач по теме: Характеристики ЭМВ.....	51
Тема 4.3 Геометрическая оптика .....	56
Практическое занятие № 12 Решение задач по теме: Законы геометрической оптики. .....	56
Тема 4.4 Волновая оптика .....	59
Практическое занятие № 13 Решение задач по теме: Волновые свойства света.....	59

Раздел 5 Квантовая физика. Астрофизика .....	61
Тема 5.1 Квантовая, атомная физика. Строение атома.....	61
Практическое занятие №14 Решение задач по теме: Законы фотоэффекта .....	61
Практическое занятие №15 «Решение задач по теме: Строение атома и атомного ядра.....	64
Практическое занятие №16 по теме «строительство Вселенной. Работа со звездной картой».....	68
Лабораторные работы.....	74
Тема 1.1 Кинематика .....	74
Лабораторное занятие №1 «Определение плотности вещества» .....	74
Тема 2.1 Основы молекулярно-кинетической теории и термодинамики. Агрегатные состояния вещества. Фазовые переходы .....	76
Лабораторное занятие №2. Определение удельной теплоемкости вещества.....	76
Тема 3.2 Постоянный электрический ток .....	78
Лабораторное занятие №3. Определение удельного сопротивления проводника .....	78
Тема 3.2 Постоянный электрический ток .....	79
Лабораторное занятие № 4 Проверка закона Ома для участка цепи. ....	79
Тема 3.2 Постоянный электрический ток .....	82
Лабораторное занятие №5. Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника электрической энергии. Изучение работы мультиметра.....	82
Тема 3.2 Постоянный электрический ток .....	87
Лабораторное занятие № 6. Исследование зависимости мощности потребляемой лампой накаливания от напряжения на ее зажимах. Изучение способа маркировки резисторов. ....	87
Тема 3.3 Электрический ток в различных средах .....	90
Лабораторное занятие №7 Исследование зависимости проводника и полупроводника от температуры.....	90
Тема 4.1 Механические колебания и волны .....	92
Лабораторное занятие №8 Исследование зависимости периода математического и пружинного маятника .	92
Тема 4.2 Электромагнитные колебания и волны .....	95
Лабораторное занятие №9. Изучение устройства трансформатора, генератора.....	95

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования с учетом получаемой специальности.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений решать задачи по физике, необходимых в последующей учебной деятельности.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических законов, зависимостей.

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

Выполнение практических и лабораторных работ обеспечивает достижение обучающимися следующих **результатов**:

- ПРБ3 владение основополагающими физическими понятиями и величинами, характеризующими физические процессы (связанными с механическим движением, взаимодействием тел, механическими колебаниями и волнами; атомно-молекулярным строением вещества, тепловыми процессами; электрическим и магнитным полями, электрическим током, электромагнитными колебаниями и волнами; оптическими явлениями; квантовыми явлениями, строением атома и атомного ядра, радиоактивностью); владение основополагающими астрономическими понятиями, позволяющими характеризовать процессы, происходящие на звездах, в звездных системах, в межгалактической среде; движение небесных тел, эволюцию звезд и Вселенной;
- ПРБ4 владение закономерностями, законами и теориями (закон всемирного тяготения, I, II и III законы Ньютона, закон сохранения механической энергии, закон сохранения импульса, принцип суперпозиции сил, принцип равноправности инерциальных систем отсчета; молекулярно-кинетическую теорию строения вещества, газовые законы, первый закон термодинамики; закон сохранения электрического заряда, закон Кулона, закон Ома для участка цепи, закон Ома для полной электрической цепи, закон Джоуля - Ленца, закон электромагнитной индукции, закон сохранения энергии, закон прямолинейного распространения света, закон отражения света, закон преломления света; закон сохранения энергии, закон сохранения импульса, закон сохранения электрического заряда, закон сохранения массового числа, постулаты Бора, закон радиоактивного распада); уверенное использование законов и закономерностей при анализе физических явлений и процессов;
- ПРБ6 владение основными методами научного познания, используемыми в физике: проводить прямые и косвенные измерения физических величин, выбирая оптимальный способ измерения и используя известные методы оценки погрешностей измерений, проводить исследование зависимостей физических величин с использованием прямых измерений, объяснять полученные результаты, используя физические теории, законы и понятия, и делать выводы; соблюдать правила безопасного труда при проведении исследований в рамках учебного эксперимента и учебно-исследовательской деятельности с использованием цифровых измерительных устройств и лабораторного оборудования; сформированность представлений о методах получения научных астрономических знаний;
- ПРБ7 сформированность умения решать расчетные задачи с явно заданной физической моделью, используя физические законы и принципы; на основе анализа условия задачи выбирать физическую модель, выделять физические величины и формулы, необходимые для ее решения, проводить расчеты и оценивать реальность полученного значения физической

- величины; решать качественные задачи, выстраивая логически непротиворечивую цепочку рассуждений с опорой на изученные законы, закономерности и физические явления;
- ПР68 сформированность умения применять полученные знания для объяснения условий протекания физических явлений в природе и для принятия практических решений в повседневной жизни для обеспечения безопасности при обращении с бытовыми приборами и техническими устройствами, сохранения здоровья и соблюдения норм экологического поведения в окружающей среде; понимание необходимости применения достижений физики и технологий для рационального природопользования;
  - МР8 способность и готовность к самостоятельному поиску методов решения практических задач, применению различных методов познания
  - МР9 овладение видами деятельности по получению нового знания, его интерпретации, преобразованию и применению в различных учебных ситуациях, в том числе при создании учебных и социальных проектов;
  - МР10 формирование научного типа мышления, владение научной терминологией, ключевыми понятиями и методами
  - МР21 владеть навыками получения информации из источников разных типов, самостоятельно осуществлять поиск, анализ, систематизацию и интерпретацию информации различных видов и форм представления
  - МР17 уметь переносить знания в познавательную и практическую области жизнедеятельности
  - МР13 анализировать полученные в ходе решения задачи результаты, критически оценивать их достоверность, прогнозировать изменение в новых условиях;
  - ЛР 26 готовность и способность к образованию и самообразованию на протяжении всей жизни
  - ЛР 14 осознание личного вклада в построение устойчивого будущего
  - ЛР 23 готовность к труду, осознание ценности мастерства, трудолюбие;
  - ЛР 13 способность оценивать ситуацию и принимать осознанные решения, ориентируясь на морально-нравственные нормы и ценности;

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и формированию ***общих компетенций***:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам

Выполнение обучающихся практических и лабораторных 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, аппаратурой, установками и другими 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 или лабораторные занятия проводятся в рамках соответствующей темы, после освоения дидактических единиц, которые обеспечивают наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

## **2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

### **Раздел 1 Механика Тема 1.1 Основы кинематики**

#### **Практическое занятие №1 Решение задач по кинематике. Уравнения движения**

**Цель:** 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

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР64, ПР63, ПР67

МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

**Материальное обеспечение:**

индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

**Указание:**

Практическое занятие состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступить к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практического задания отводится два академических часа.

**Задание:**

1. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями <https://znanium.com/catalog/product/1012153>, стр 14-18.

#### **2. Письменно ответьте на следующие вопросы:**

1. Кинематический закон движения для координатного способа определения движения материальной точки.
  2. Кинематический закон движения для естественного движения для векторного способа определения движения.
  3. Кинематический закон движения для естественного способа определения движения.
  4. Как найти вектор скорости для конкретного, векторного и естественного способов определения движения?
  5. Как найти вектор ускорения для разных способов определения движения?
3. Используя формулы для расчета параметров движения тел, решить задачи.

**Порядок выполнения работы:**

1. Повторить основные вопросы кинематики.
2. Решить задачи по вариантам.
3. Оформить отчет в тетради для практических работ.

**Ход работы:**

**Примеры решения задач:** 1. Пассажирский поезд идет со скоростью 72 км/ч. По соседнему пути движется навстречу товарный поезд длиной 140 м со скоростью 54 км/ч. Сколько времени пассажир, стоящий у окна, будет видеть проходящий мимо него товарный поезд?

<p><i>Дано:</i></p> <p><math>v_1 = 72 \text{ км/ч}</math></p> <p><math>v_2 = 54 \text{ км/ч}</math></p> <p><math>l = 140 \text{ м}</math></p> <p><math>t - ?</math></p>	<p><i>СИ</i></p> <p>20 м/с</p> <p>15 м/с</p>	<p><i>Решение:</i></p> <p>Относительная скорость движения обоих поездов <math>v = v_1 + v_2</math>.</p> <p>Следовательно, время, в течение которого мимо пассажирского поезда пройдет товарный, определим по формуле: <math>t = \frac{l}{v}</math></p> <p>Подставляем данные: <math>t = \frac{140}{20+15} = 4 \text{ с.}</math></p>
---	--	---

*Ответ:* 4 с.

2. Посадочная скорость пассажирского самолета 135 км/ч, а длина пробега его 500 м. Определить время пробега по посадочной полосе и ускорение самолета, считая движение равнозамедленным.

<p><i>Дано:</i></p> <p><math>v_0 = 135 \text{ км/ч}</math></p> <p><math>S = 500 \text{ м}</math></p> <p><math>v = 0 \text{ м/с}</math></p> <p><math>t - ? , a - ?</math></p>	<p><i>СИ</i></p> <p>37,5 м/с</p>	<p><i>Решение:</i></p> <p>Время пробега самолета при посадке находим из формулы пути</p> <p><math>S = v_0 t + \frac{at^2}{2}</math>, где <math>a</math> для равнозамедленного движения определится из формулы: <math>v = v_0 + at</math> или <math>a = -\frac{v_0}{t}</math>. Следовательно,</p> <p><math>S = v_0 t - \frac{\frac{v_0}{t} \cdot t^2}{2}</math>, откуда <math>t = \frac{2S}{v_0}</math>. Подставляем данные: <math>t = \frac{2 \cdot 500}{37,5} = 27 \text{ с.}</math></p> <p>Ускорение <math>a = -\frac{v_0}{t}</math>; <math>a = \frac{37,5}{27} = -1,4 \text{ м/с}^2</math></p> <p><i>Ответ:</i> 27 с, <math>-1,4 \text{ м/с}^2</math>.</p>
--	----------------------------------	---

3. Тело, двигаясь равноускоренно из состояния покоя, за пятую секунду прошло путь 18 м. Чему равно ускорение и какой путь тело прошло за 5 с?

<p><i>Дано:</i></p> <p><math>t_5 - t_4 = 1 \text{ с}</math></p> <p><math>S = 18 \text{ м}</math></p> <p><math>t = 5 \text{ с}</math></p> <p><math>S_5 - ? , a - ?</math></p>	<p><i>Решение:</i></p> <p>Путь, пройденный телом за пятую секунду <math>S = S_5 - S_4 = \frac{at_5^2}{2} - \frac{at_4^2}{2}</math>.</p> <p>Отсюда <math>a = \frac{2S}{t_5^2 - t_4^2}</math>; <math>a = \frac{2 \cdot 18}{25 - 16} = 4 \text{ м/с}^2</math>.</p> <p>Путь, пройденный телом за 5 секунд <math>S_5 = \frac{at^2}{2}</math>; <math>S_5 = \frac{4 \cdot 25}{2} = 50 \text{ м.}</math></p>
--	--

*Ответ:*  $4 \text{ м/с}^2$ ; 50 м.

4. В последнюю секунду свободно падающее тело прошло половину своего пути. Сколько времени и с какой высоты падало тело?

<p><i>Дано:</i></p> <p><math>h_n - h_{n-1} = \frac{1}{2} h_n</math></p> <p><math>g = 9,8 \text{ м/с}^2</math></p> <p><math>t - ? h_n - ?</math></p>	<p><i>Решение:</i></p> <p>Путь, пройденный за все время падения: <math>h_n = \frac{gt^2}{2}</math>.</p> <p>До последней секунды тело прошло путь <math>\frac{h_n}{2} = \frac{g(t-1)^2}{2}</math></p> <p>Следовательно, <math>\frac{gt^2}{2} = g(t-1)^2</math> или <math>t^2 - 4t + 2 = 0</math>.</p> <p>Отсюда <math>t = 2 + \sqrt{2} = 3,4 \text{ с.}</math> Высота падения <math>h_n = \frac{9,8 \cdot 3,4^2}{2} \approx 57 \text{ м}</math></p>
---	--

*Ответ:* 3,4 с; 57 м.

5. Камень падает в шахту. Через 6 с слышен удар камня о дно шахты. Определить глубину шахты, если скорость звука 330 м/с.

*Дано:*

$$t = 6 \text{ с}$$

$$v = 330 \text{ м/с}$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

*h - ?*

*Решение:*

Если обозначить через  $t_1$  время падения камня, то время распространения звука  $t - t_1$ . Путь, пройденный камнем при свободном падении  $h = \frac{gt_1^2}{2}$ , а звуком  $- h = v(t - t_1)$ . Следовательно,  $\frac{gt_1^2}{2} = v(t - t_1)$  или  $gt_1^2 + 2vt_1 - 2vt = 0$

Решив данное уравнение, получим  $t_1 = 5,5 \text{ с}$ . Глубина шахты  $h = \frac{gt_1^2}{2}$

$$h = \frac{9,8 \cdot 5,5^2}{2} = 148 \text{ м}$$

*Ответ:* 148 м.

### Решить задачи самостоятельно:

1. Движение строительной вагонетки задано уравнением. Определите начальную координату, начальную скорость и ускорение при движении.

2. Человек и строительная тележка движутся в одном направлении. Определите их относительную скорость, если скорость человека 1 км/ч, а вагонетки 4 км/ч. Решите эту задачу и при условии, что они движутся в противоположных направлениях.

3. Строительный кран поднимает груз на высоту  $h$  м. Одновременно кран передвигается на расстояние 1 м. Определить перемещение груза, его вертикальную и горизонтальную составляющие. Изобразить их соответствующими векторами. Чему равны модули этих векторов?

4. Человек прошел по проспекту 240 м, затем повернул на перекрестке и прошел в перпендикулярном направлении еще 70 м. На сколько процентов путь, пройденный человеком, больше модуля его перемещения?

5. Часовой охраняет строительный объект, огороженный квадратным забором ABCD, обходя его по периметру. Чему будут равны его путь и перемещение, если он из точки A, перейдёт в точку B, затем точку C, затем точку D, после чего вернётся в точку A? Длина стороны квадрата  $a$  м.

6. Какую скорость развивает самосвал за время  $\Delta t$  после начала движения, если он едет с ускорением  $\bar{a}$ ? Какой путь он проходит за это время?

7. Привести примеры строительных тел, находящихся в покое. Действие каких тел компенсируется в этих случаях? (3 примера; действующие силы изобразить на рисунке).

8. В движущемся вагоне товарного поезда находятся поддоны с газоблоками. В покое или движении они находятся относительно: а) машиниста поезда; б) рельсов; в) пола вагона; г) телеграфных столбов?

9. Поезд через 10 с после начала движения приобретает скорость 0,6 м/с. Через какое время от начала движения скорость поезда станет равна 3 м/с?

10. За какое время автомобиль, двигаясь с ускорением 0,4 м/с<sup>2</sup>, увеличит свою скорость с 12 до 20 м/с?

11. Пуля в стволе автомата Калашникова движется с ускорением 616 м/с<sup>2</sup>. Какова скорость вылета пули, если длина ствола 41,5 см?

12. Тело, двигаясь прямолинейно с ускорением 5 м/с<sup>2</sup>, достигло скорости 30 м/с, а затем, двигаясь равнозамедленно, остановилось через 10 с. Определите путь, пройденный телом.

13. Тело свободно падает с высоты 125,5 м. Определите время падения и скорость тела в момент удара о Землю.

14. Графики каких движений тел показаны на рис. 1? По графику определите: 1) в какой момент времени тела встретились; 2) какие пути тела прошли до встречи.

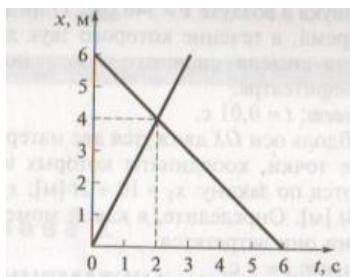


рис.1.

15. На рис. 2. представлен график зависимости координаты тела от времени. По графику определите: 1) сколько времени тело находилось в движении; 2) чему равно его перемещение.

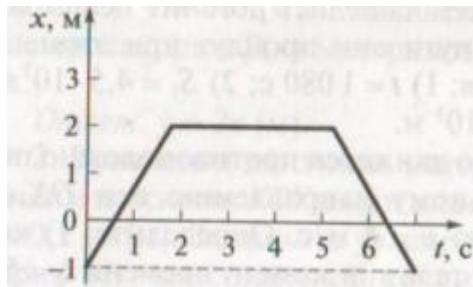


рис.2.

#### **Форма представления результата:**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

#### **Критерии оценки:**

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов*

*Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов*

*Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов*

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов*

## Тема 1.2 Динамика, динамика вращательного движения. Законы сохранения в механике

### Практическое занятие № 2 Решение задач по теме: законы Ньютона, законы сохранения.

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

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР64, ПР63, ПР67

МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

#### Материальное обеспечение:

индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

#### Указание:

Практическое занятие состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступить к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практического задания отводится два академических часа.

#### Задание:

Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями  
<https://znanium.com/catalog/product/1012153>, §5,6,7,9,

Решите задачи самостоятельно используя примеры и краткие теоретические сведения.

#### Порядок выполнения работы:

1. Изучите и выпишите формулы по данной теме:
2. Разберите примеры решенных задач
3. Решите самостоятельно задачи

#### Краткие теоретические сведения:

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.  $[m] = 1 \text{ кг}$ .

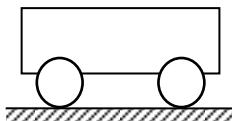
За эталон массы (1 килограмм) принята масса килограмма.

Из опытов известно, что ускорения, взаимодействий, обратно

Если массу какого-либо тела принять за других тел:

Плотность тела ( $\rho$ ) –

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



скорости движения тела при

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

международного прототипа

получаемые телами при пропорциональны их массам:

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

эталон, то можно измерить массу

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  $\vec{F}_i$ .  
 $\vec{R} = \sum \vec{F}_i$

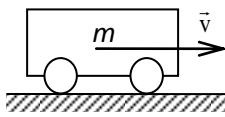
Давление ( $p$ ) – отношение силы к площади поверхности, на которую она действует в перпендикулярном направлении.

1 Па – паскаль

$$[p] = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = p = \frac{F}{S}$$

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 ( $F \cdot \Delta t$ ) – 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.

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

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

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: 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.

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

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

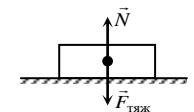
и направлены в противоположные стороны по одной прямой.

где  $F_{12}$  – сила взаимного притяжения тел масс  $m_1$  и  $m_2$ ;

$\gamma$  – 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 телу 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.

Закон Гука: сила упругости, возникающая при деформации тела,  $[\vec{F}_y = -k\vec{x}]$  пропорциональна его

абсолютной деформации и направлена в сторону, противоположную перемещению частиц тела:

Сила трения покоя ( $F_{\text{тр.н.}}$ ) – сила, возникающая на границе соприкосновения тел при отсутствии их движения относительно друг друга.

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

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

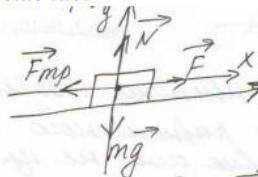
### Примеры решения задач

1. Автобус, масса которого с полной нагрузкой равна 15 т, трогается с места с ускорением 0,7 м/с<sup>2</sup>. Найти силу тяги, если коэффициент сопротивления движению равен 0,03.

Дано:

$$\begin{aligned} m &= 15 \text{ т} = 15 \cdot 10^3 \text{ кг} \\ a &= 0,7 \text{ м/с}^2 \\ \mu &= 0,03 \\ F &- ? \end{aligned}$$

Решение:



$$\vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} + \vec{F} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$\text{ОХ: } -F_{\text{тр}} + F = ma$$

$$\text{ОY: } N - mg = 0 \rightarrow N = mg$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N \rightarrow F_{\text{тр}} = \mu mg$$

$$-\mu mg + F = ma$$

$$F = ma + \mu mg = m(a + \mu g)$$

$$F = 15 \cdot 10^3 \text{ кг} (0,7 \text{ м/с}^2 + 0,03 \cdot 10 \text{ м/с}^2) = 15 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с}^2 = 15 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

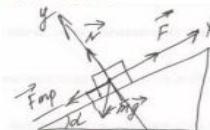
Ответ: 15 · 10<sup>3</sup> Н

2. На наклонной плоскости длиной 5 м и высотой 3 м находится груз массой 50 кг. Какую силу, направленную вдоль плоскости, надо приложить, чтобы удержать этот груз, если тянуть его с ускорением 1 м/с<sup>2</sup>? Коэффициент трения 0,2.

Дано:

$$\begin{aligned} m &= 50 \text{ кг} \\ a &= 1 \text{ м/с}^2 \\ \mu &= 0,02 \\ l &= 5 \text{ м} \\ h &= 3 \text{ м} \\ F &- ? \end{aligned}$$

Решение:



Составим уравнение движения тела:

$$\vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} + \vec{F} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

Найдем проекции сил на оси:

$$\text{Ось ОХ: } -F_{\text{тр}} + F - mgsin \alpha = ma$$

$$\text{Ось OY: } N - mgcos \alpha = 0 \rightarrow N = mg cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N \rightarrow F_{\text{тр}} = \mu mg cos \alpha$$

Подставив второе уравнение в первое, получим

$$-m\mu mg cos \alpha + F - mgsin \alpha = ma$$

Находим производную величину:

$$F = m\mu mg cos \alpha - mgsin \alpha + ma$$

$$F = m(a + \mu g cos \alpha - g sin \alpha)$$

По определению синуса имеем

$$\sin \alpha = \frac{h}{l}, \sin \alpha = \frac{3 \text{ м}}{5 \text{ м}} = 0,6$$

Из основного тригонометрического тождества

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1,$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,36} = \sqrt{0,64} = 0,8$$

Вычислим искомую величину:

$$F = 50 \text{ кг} (0,2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,8 + 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,6 \cdot 1 \text{ м/с}^2) = 430 \text{ Н}$$

Ответ: 430 Н.

3. На шнуре, перекинутом через неподвижный блок, подвешены грузы массами 0,3 и 0,2 кг. С каким ускорением движутся грузы? Какова сила натяжения во время движения?

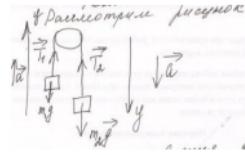
*Дано:*

$$m_1 = 0,2 \text{ кг}$$

$$m_2 = 0,3 \text{ кг}$$

*a - ? T - ?*

*Решение:*



Составим уравнение движения для двух тел:

$$\begin{cases} m_1 \vec{g} + \vec{T}_1 = m_1 \vec{a}_1, \\ m_2 \vec{g} + \vec{T}_2 = m_2 \vec{a}_2. \end{cases}$$

Найдем проекции сил на ось OY:

$$\begin{cases} T_1 - m_1 g = m_1 a_1 \\ -T_2 + m_2 g = m_2 a_2, \end{cases}$$

Т.к. тела связаны одной нитью, то

$$T_1 = T_2 = T \text{ и } a_1 = a_2 = a,$$

$$\text{Тогда, } \begin{cases} T - m_1 g = m_1 a \\ -T + m_2 g = m_2 a \end{cases}$$

Сложим эти уравнения:

$$\begin{aligned} -m_1 g + m_2 g &= (m_1 + m_2) a \text{ или} \\ g(m_2 - m_1) &= (m_1 + m_2) a \end{aligned}$$

Решим это уравнение относительно неизвестной величины

$$a = \frac{g(m_2 - m_1)}{m_1 + m_2}, \text{ вычислим } a = \frac{10 \text{ м/с}^2 (0,3 \text{ кг} - 0,2 \text{ кг})}{0,3 \text{ кг} + 0,2 \text{ кг}} = 2 \text{ м/с}^2$$

Силу натяжения найдем из первого уравнения:  $T = m_1(g + a)$

$$\text{Вычислим: } T = 0,2 \text{ кг} (10 \text{ м/с}^2 + 2 \text{ м/с}^2) = 2,4 \text{ Н}$$

*Ответ: 2 м/с<sup>2</sup>; 2,4 Н*

### Решить задачи самостоятельно

(n - номер вашего варианта по списку)

- С помощью башенного крана поднимают груз. Скорость подъема постоянна. Определите, какие силы действуют на груз? Каковы их направления? Какова равнодействующая? Почему? У неопытных крановщиков бывают обрывы тросов в тех случаях, когда они не обращают внимания на сильно раскачивание переносимых грузов. Случайны ли такие обрывы?
- Почему на рукоятки, головки болтов, гайки круглой формы, завинчиваемые и отвинчивающиеся вручную, наносят специальную накатку (рифление)?
- Колесо (шкив) приводится в движение при помощи ремня. Определите вид трения, возникающего между шкивом и ремнем: трение скольжения или трение покоя? Считайте, что ремень не проскальзывает.
- Определите вид трения, возникающего между колесом движущейся тележки и грунтом, а также между втулкой колеса и осью. Ось прикреплена к тележке неподвижно (Рис.2).
- Почему надо беречь смазочные материалы от попадания в них песка и пыли?
- Почему нужно беречь тормозную колодку и тормозной барабан транспортного средства от попадания между ними масла?
- Для чего при соединении мягких материалов под головку болта и гайку подкладывают шайбу большего диаметра?
- В каком из перечисленных ниже явлений под действием силы совершается работа (см. рис.3) трос находится в натянутом состоянии под действием силы тяжести; б) на стол действует вес гири; в) газ давит на стенки баллона; г) поршень выталкивается из цилиндра под действием силы давления газов; д) мальчик тянет веревку, привязанную к прочной стене?

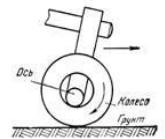


Рис. 1

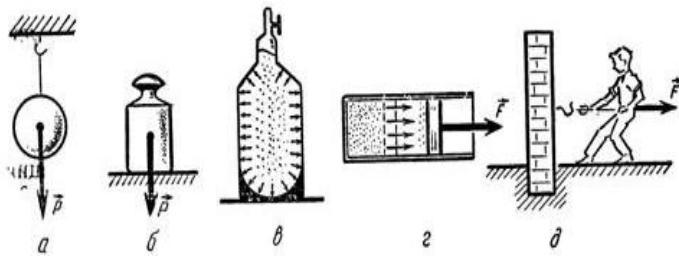


Рис. 2

9. На горизонтальном участке пути маневровый тепловоз толкнул вагон. Какие тела действуют на вагон во время и после толчка? Как будет двигаться вагон под влиянием этих тел?
10. Выразите в киловаттах и мегаваттах следующие мощности: 3500 Вт; 200 Вт; 5000 Вт; 110000 Вт. Выразите в ваттах следующие мощности: 3 кВт; 1,5 кВт; 0,6 кВт; 0,04 МВт; 0,0001 МВт.
11. Чему равна сила тяжести, действующая на упаковку с цементом массой 2,5 кг, 600 г, 1,2 т, 50 т?
12. 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 819,3 Н.
13. На неподвижной платформе стоит ящик с кирпичами массой  $n$  тонн. Вычислите и изобразите на рисунке силу тяжести и вес ящика.
14. Сможете ли вы поднять пластину из пробки объемом  $n$  см<sup>3</sup>? Плотность пробки 240 кг/м<sup>3</sup>.
15. Автобус массой  $n$  тонн едет по горизонтальному шоссе. Какая сила требуется для сообщения ему ускорения 1,4 м/с<sup>2</sup>.
16. Вагонетка массой  $n$  тонн движется под действием силы 60 кН. Определите ускорение её движения.
17. Два корабля массой  $n$  тонн каждый, стоят на рейде на расстоянии 0,5 км один от другого. Какова сила притяжения между ними?
18. Определить массу каждого из двух одинаковых автомобилей, если на расстоянии 0,1 км на них действует сила притяжения 6,67 мН.
19. Определить расстояние, на котором две вагонетки массой по 20 кг каждая взаимодействуют с силой 67 мкН.
20. Какую силу надо приложить к вагону массой  $n$  тонн, чтобы он стал двигаться равноускоренно и за 30 с прошел путь 36 м? Коэффициент трения равен 0,008.
21. Под действием силы тяги скорость вагона массой  $n$  тонн возросла с 4,25 м/с до 32,4 км/ч на пути 75,5 м. Чему равна сила тяги, если коэффициент трения при движении вагона равен 0,025?
22. Какую силу тяги должен развивать двигатель, чтобы локомотив массой  $n$  тонн двигался: а) равномерно; б) с ускорением 0,2 м/с<sup>2</sup>.
23. Электровоз при движении по горизонтальному пути развивает силу тяги  $n$  кН. 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 тонн.

### Законы сохранения

#### Задание:

Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по ссылке

<https://znanium.com/catalog/product/1012153>, §10,11 и выпишите формулы обозначенные скобками, например (10.1) и т.д. из указанных параграф

#### Порядок выполнения работы:

1. Изучите и выпишите формулы по данной теме:
2. Разберите примеры решенных задач
3. Решите самостоятельно задачи

#### Примеры решения задач

1. Определить мощность тепловоза, зная, что при скорости движения 43,2 км/ч сила тяги равна 105 кН

Дано	«СИ»	Решение:
$v = 43,2$ км/ч	12 м/с	Мощность находится по формуле: $N = \frac{A}{t}$
$F = 105$ кН	$105 \cdot 10^3$ Н	Сила тяги совершае положительную работу: $A = FS \cos \alpha, \angle \alpha = 0, A = F \cdot S$
$N - ?$		$N = F \cdot v = 12 \text{ м/с} \cdot 105 \cdot 10^3 = 1260 \cdot 10^3 \text{ Вт}$

Ответ:  $N = 1260$  кВт.

2. Тело массой 10 кг свободно падает с высоты 20 м из состояния покоя. Чему равна кинетическая энергия в момент удара о Землю?

Дано:	Рис.	Решение:
$m = 10$ кг	1	Согласно закону сохранения энергии: $E_{\text{п}} = E_{\text{k}} = 0$
$v_0 = 0$ м/с		$E_{\text{p}0} + E_{\text{k}0} = E_{\text{p}1} + E_{\text{k}0}$
$h_0 = 20$ м		За тело отсчета примем Землю:

$$h_1 = 0 \text{ м} \quad 2 \quad mg h_0 + \frac{mv_0^2}{2} = mg h_1 + \frac{mv_1^2}{2} \text{ учитывая } h_1 = 0, v_0 = 0$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2 \quad E_{\text{k}}, E_{\text{п}} = 0 \quad mg h_0 = \frac{mv^2}{2} \text{ или } E_{\text{k}1} = mgh_0$$

$$E_{\text{k}1} = 10 \cdot 10 \cdot 20 = 2000 \text{ Дж}$$

Ответ: 2 кДж.

Вагонетку массой 2 Т по горизонтальному пути равномерно перемещает рабочий. Какую работу он совершил на пути 100 м и какую работу совершает сила трения, если коэффициент трения равен 0,01?

Дано:	Рисунок:
$m = 2$ т	
$S = 100$ м	
$\mu = 0,01$	
$g = 9,8 \text{ м/с}^2$	
$a = 0$	

$A - ?$

$A_{\text{тр}} - ?$

Решение

На вагонетку действуют 4 силы: сила тяжести  $-mg$ , сила реакции опоры  $-N$ , сила тяги  $F_t$ , сила трения  $-F_{\text{тр}}$ . По второму закону Ньютона  $\sum F = 0$



$$\overset{\text{1}}{F_{mp}} + \overset{\text{2}}{mg} + \overset{\text{3}}{F_T} + \overset{\text{4}}{N} = 0$$

В проекции на оси: ОХ:  $F_T - F_{tp} = 0$ ;  $F_T = F_{tp}$ ; ОУ:  $N - mg = 0$ ;  $N = mg$

$A = F \cdot S \cos \alpha$ ,  $\angle \alpha = 0$ ,  $\cos \alpha = 1$ , сл-но,  $A = F \cdot S$ ,  $F = F_{tp} = F_T = \mu N = \mu mg$

Работа силы трения направлена против работы силы тяги  $\rightarrow A = -A_{tr}$ .

$$A_{tr} = -19,6 \cdot 10^3 \text{ Дж}$$

Ответ:  $A = 19,6 \text{ кДж}$ ;  $A_{tr} = -19,6 \text{ кДж}$ .

6. Определить мощность тепловоза, зная, что при скорости движения 43,2 км/ч сила тяги равна 105 кН.

Дано:

СИ:

Решение:

$$\begin{aligned} v &= 43,2 \text{ км/ч} \\ F &= 105 \text{ кН} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &12 \text{ м/с} \\ &105 \cdot 10^3 \text{ Н} \end{aligned}$$

Мощность находится по формуле:  $N = \frac{A}{t}$   
Сила тяги совершает положительную работу:

$$N = ?$$

$$A = F \cdot S \cos \alpha, \angle \alpha = 0, A = F \cdot S$$

Движение тепловоза равномерное и прямолинейное:

$$N = \frac{F \cdot S}{t} \Rightarrow F \cdot v$$

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

$$N = F \cdot v = 12 \text{ м/с} \cdot 105 \cdot 10^3 = 1260 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

Ответ:  $N = 1260 \text{ кВт}$ .

### Решить задачи самостоятельно

(n - номер вашего варианта по списку)

1. При строительстве канатной дороги в горной местности самосвал массой n тонн поднялся на высоту 400м над уровнем моря. Определить потенциальную энергию автомобиля относительно уровня моря.

2. Молот копра для забивания свай массой 500кг падает с высоты n метров. Чему будет равна потенциальная и кинетическая энергия молота на высоте 4метра?

3. Какой потенциальной энергией обладает тело массой n кг, поднятое на высоту 15метра? Какую работу оно может совершить при падении на Землю?

4. Определить мощность сердца вальцовщика в процессе физической работы, зная, что при одном ударе оно совершает работу, равную 16 Дж, а в минуту делает примерно 240 ударов.

5. При сжатии буферной пружины ж/д вагона на 5см произведена работа 3,75 кДж. Какая сила требуется для сжатия этой пружины на 1см? Постройте график зависимости удлинения пружины от величины приложенной силы.

6. При ударе двух вагонов буферная пружина сжалась на n см. Жесткость пружины 3000 кН/м. Определить работу при сжатии пружины.

7. Какая работа произведена при сжатии буферной пружины железнодорожного вагона на n см, если для сжатия пружины на 1 см требуется сила 35000Н?

8. Тяжеловесный состав с углем массой 6000т преодолевает подъем в 100 метров. На какую высоту можно поднять тело массой 100 кг, если использовать запас потенциальной энергии в верхней точке подъема?

9. Вагонетка двигалась по горизонтальному пути, через некоторое время остановилась. Ее кинетическая энергия стала равна 0, а потенциальная осталась неизменной. Не нарушился ли в этом случае закон сохранения и превращения энергии?

10. Для погрузки угля в вагон применяется ленточный транспортер, который перемещает уголь вверх по наклону на высоту 5 м. В минуту погрузчик доставляет 12т угля. Вагон заполняется за 5 мин. Какую работу при этом совершает транспортер?
11. Тепловоз тянет состав со скоростью  $n$  км/ч, развивая мощность 880 кВт. Как велика в этом случае сила тяги?
12. Двигатель офисного вентилятора имеет мощность 0,35 кВт. Какую работу он совершил за  $n$  минут.
13. Вычислить работу, совершающую электромеханическим подъемником в автомастерской, когда он равномерно поднимает транспортное средство массой 800 кг на высоту 2,2м.
14. Какую работу нужно совершить, чтобы поезд массой 1000 тонн, движущийся со скоростью 72км/ч увеличил свою скорость до 108 км/ч?
15. Какой массы груз может поднимать подъемный кран со скоростью 1,5м/с, если у него двигатель мощностью 12кВт?
16. Подъемный кран с двигателем мощностью 8 кВт поднимает груз с постоянной скоростью 6 м/мин. Какова масса груза?
17. Какая работа совершается на гидростанции в течение года, если средняя мощность генератора равна 2,5 МВт?
18. Человек массой 70 кг спускается по лестнице длиной 20 м, расположенной под углом  $30^\circ$  к горизонту. Найдите работу силы тяжести.
19. Вычислите работу силы упругости при изменении деформации пружины жесткостью 200 Н/м от  $x_1 = 2$  см до  $x_2 = 6$  см.

### **Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

#### **Критерии оценки:**

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов*

*Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов*

*Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов*

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов*

## **Тема 1.2 Динамика, динамика вращательного движения. Законы сохранения в механике**

### **Практическое занятие №3. Законы сохранения в механике и их применение**

**Цель:** научиться использовать закон сохранения импульса для расчёта параметров различных физических процессов

#### **Выполнение работы способствует формированию:**

ПР64, ПР63, ПР67

МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

#### **Материальное обеспечение:**

индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

#### **Указание:**

Практическое занятие состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она

состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практического задания отводится два академических часа.

### Задание:

1. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по ссылке

<https://znanium.com/catalog/product/1012153>, §12,13, выписав основные формулы в тетрадь.

Решите задачи, самостоятельно используя примеры и краткие теоретические сведения.

### Порядок выполнения работы:

1. Изучите и выпишите формулы по данной теме:
2. Разберите примеры решенных задач
3. Решите самостоятельно задачи

### 2. Примеры решения задач

1. Молекула массой  $m = 3 \cdot 10^{-23}$  г, подлетевшая к стенке сосуда под углом  $\alpha = 60^\circ$ , упруго ударяется о нее со скоростью  $v = 500$  м/с и отлетает. Определите импульс силы  $F \cdot \Delta t$  полученный стенкой.

Дано:

$$m = 3 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$$

$$\alpha = 60^\circ = \frac{\pi}{3}$$

$$v = 500 \text{ м/с}$$

$$F \Delta t - ?$$

Решение:

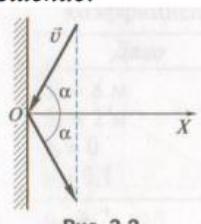


Рис. 3.2

Изменение импульса молекулы равно импульсу силы:  $\Delta p = F \Delta t$

Пусть ось  $OX$  направлена перпендикулярно стенке, тогда изменение импульса молекулы  $\Delta p = \Delta p_x = mv_x - (-mv_x) = 2mv_x$ , где  $v_x = v \cos \alpha$ , откуда  $\Delta p = 2mv \cos \alpha$ .

Подставив формулу в уравнение, получим  $F \Delta t = 2mv \cos \alpha$ .

Вычисления:

$$F \Delta t = 2 \cdot 3 \cdot 10^{-26} \text{ кг} \cdot 500 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \cos \frac{\pi}{3} = 1,5 \cdot 10^{-23} (\text{кг} \cdot \text{м})/\text{с}$$

Ответ:  $1,5 \cdot 10^{-23}$  кг м/с.

2. Два товарных вагона движутся навстречу друг другу со скоростями 0,4 м/с и 0,1 м/с. Массы вагонов соответственно равны  $m_1 = 12$  т,  $m_2 = 48$  т. Определите, с какой скоростью  $v$  и в каком направлении будут двигаться вагоны после столкновения. Удар считать неупругим.

Дано:

$$v_1 = 0,4 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 0,1 \text{ м/с}$$

$$m_1 = 12 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$m_2 = 48 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$v - ?$$

Решение:

Используем закон сохранения проекции импульса на ось  $OX$ , положительное направление оси  $OX$  совпадает с направлением движения первого вагона:

$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = (m_1 + m_2)v. \text{ Откуда } v = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2};$$

Вычисления:  $v = \frac{12 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 0,4 \text{ м/с} - 48 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 0,1 \text{ м/с}}{12 \cdot 10^3 \text{ кг} + 48 \cdot 10^3 \text{ кг}} = 0$ . Анализ:  $v = 0$ , следовательно, после столкновения вагоны остановятся.

Ответ:  $v = 0$

3. Два неупругих тела, массы которых 2 и 6 кг, движутся на встречу друг к другу со скоростями 2 м/с каждое. Определить модуль и направление скорости каждого из этих тел после удара. Сделать рисунок самостоятельно.

*Дано:*

$$m_1 = 2 \text{ кг}$$

$$m_2 = 6 \text{ кг}$$

$$v_1 = v_2 = 2 \text{ м/с}$$

*v - ?*

$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}$ . В проекциях на ось:

$$\text{ОХ: } m_1 v_1 - m_2 v_2 = -(m_1 + m_2) v$$

$$v = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{-(m_1 + m_2)};$$

$$\text{Вычисляем: } v = \frac{2\text{кг}\cdot2\text{м/с} - 6\text{кг}\cdot2\text{м/с}}{-(2\text{кг}+6\text{кг})} = \frac{2}{8} \text{ м/с} = 0,25 \text{ м/с.}$$

*Ответ: 0,25 м/с.*

### Решить задачи самостоятельно

(**n** - номер вашего варианта по списку)

- Однаково ли сжимаются буфера при столкновении двух одинаковых вагонов, один из которых неподвижен? Рассмотрите случаи: порожний вагон неподвижен, движется груженый; груженный неподвижен, движется порожний.
- Чтобы сдвинуть с места тяжелый железнодорожный состав, машинист дает задний ход, подавая состав немного назад, а потом уже дает передний ход. Почему таким образом, легче тронуть состав с места?
- Рабочий, бегущий по цеху со скоростью 7 м/с, догоняет тележку с грузами, движущуюся со скоростью 2 м/с, и вскакивает на нее. С какой скоростью продолжает двигаться тележка, если массы тележки и человека соответственно равны 30 кг и 70 кг.
- Две железнодорожные платформы движутся навстречу друг другу со скоростями 0,6 и 0,4 м/с. Массы платформы соответственно равны 18 и 28 т. С какой скоростью и в каком направлении будут двигаться платформы после столкновения? Удар считать упругим.
- Железнодорожный вагон массой 25 тонн подъезжает со скоростью 0,3 м/с к стоящему на том же пути неподвижному вагону массой **n** тонн и автоматически сцепляется с ним. После сцепки вагоны движутся прямолинейно. Какова скорость движения вагонов после сцепки?
- Железнодорожный вагон массой 35 тонн подъезжает к стоящему на том же пути неподвижному вагону массой **n** тонн и автоматически сцепляется с ним. После сцепки вагоны движутся прямолинейно со скоростью 0,5 м/с. Какова была скорость вагона массой 35 тонн перед сцепкой?

#### Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

#### Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов*

*Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов*

*Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов*

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов*

## Раздел 2 Молекулярная физика. Термодинамика

### Тема 2.1 Основы молекулярно-кинетической теории и термодинамики. Агрегатные состояния вещества. Фазовые переходы

### Практическое занятие №4 Решение задач по теме «Идеальный газ. Масса и размеры молекул»

**Цель:** углубить и конкретизировать представления о молекулярно-кинетической теории вещества; научиться использовать законы МКТ для расчёта основных параметров состояния газа.

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР64, ПР63, ПР67

МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

### Материальное обеспечение:

индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

### Указание:

Практическое занятие состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступить к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практического задания отводится два академических часа.

### Задание:

1. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по ссылке <https://znanium.com/catalog/product/1012153>, §17,18, выписав основные формулы в тетрадь, например (17.1) и т.д. из указанных параграфов.
2. Решите задачи, самостоятельно используя примеры и краткие теоретические сведения.

### Порядок выполнения работы:

1. Изучите и выпишите формулы по данной теме:
2. Разберите примеры решенных задач
3. Решите самостоятельно задачи

### Примеры решения задач

1. Определите количество вещества и число молекул, содержащихся в одном килограмме углекислого газа.

Дано: $\text{CO}_2$ $m = 1 \text{ кг}$ $v = ?$ $n \rightarrow$	Решение: $\left. \begin{array}{l} v = \frac{N}{N_A} \\ N = \frac{m}{\mu} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{N}{N_A} = \frac{m}{\mu}; N = \frac{m \cdot N_A}{\mu} = v \cdot N_A$
--	--

Вычисления:  $v = \frac{1 \text{ кг}}{44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}} \approx 23 \text{ моль}$ ;  $N = 23 \text{ моль} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль} \approx 1,4 \cdot 10^{25} \text{ шт}$

Ответ:  $N \approx 1,4 \cdot 10^{25} \text{ шт}$

2. Сколько молекул кислорода находится в объеме 1 л при температуре 0°C и давление 133,3 Па.

Дано: $\text{O}_2$ $V = 1 \text{ л}$ $p = 133,3 \text{ Па}$ $t = 0^{\circ}\text{C}$ $N = ?$	Решение $p = nkT \quad n = \frac{p}{kT}$ $n = \frac{N}{V} \Rightarrow N = n \cdot V \quad N = \frac{p}{kT} \cdot V$
--	---

Вычисления:

Ответ:  $N = 3,5 \cdot 10^{17} \text{ шт}$

$$N = \frac{133,3 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 273 \text{ К}} \approx 3,5 \cdot 10^{19}$$

3. В газовом баллоне емкостью 0,01 м<sup>3</sup> находится газ под давлением 20 кг/см<sup>2</sup>. Какой объем займет газ, если ,не изменяя его температуры , открыть вентиль баллона? Окончательное давление 1 кг/см<sup>2</sup>?

*Дано:*  
 $V_1=0,01\text{ м}^3$   
 $P_1=20 \text{ кг/см}^2=20*0,98*10^5 \text{ Н/м}^2$   
 $P_2=1 \text{ кг/см}^2=0,98*10^5 \text{ Н/м}^2$   
 $V_2=?$

*Решение:*  
По условию задачи температура газа не меняется, поэтому происходит изотермическое изменение состояния газа. Используя закон Бойля-Мариотта  $p_1V_1=p_2V_2$  находим  $V_2=p_1V_1/p_2$ .  
Вычисления:  $V_2=20*0,98*10^5*0,01/0,98*10^5=0,2(\text{м}^3)$   
*Ответ:*  $V_2=0,2 \text{ м}^3$ .

4. Газ изотермически сжат от первоначального объема 0,15 м<sup>3</sup> до объема 0,10 м<sup>3</sup>. Давление его при этом повысилось на 2 кг/см<sup>2</sup>. Каково первоначальное давление газа?

*Дано:*  
 $V_1=0,15\text{ м}^3$   
 $V_2=0,10\text{ м}^3$   
 $\Delta P=2 \text{ кг/см}^2=2*0,98*10^5 \text{ Н/м}^2$   
 $P_1=?$

*Решение:*  
По закону Бойля-Мариотта  $P_1V_1=P_2V_2$ . Но  $p_2=p_1+\Delta p$ , поэтому  $p_1V_1=(P_1+\Delta P)V_2$ , откуда  $P_1=\Delta P*V_2/V_1-V_2$ ;  $P_1=2*0,98*10^5*0,10/0,15-0,10=3,9*10^5 (\text{Н/м}^2)$   
*Ответ:*  $P_1=3,9*10^5 \text{ Па}$ .

5. Как велико атмосферное давление, если при длине ртутного столбика 12,5 см в тонкой трубке длина столбика воздуха в первом положение 7 см, а во втором — 5 см?

*Дано:*  
 $h=12,5\text{ см}$   
 $l_1=7\text{ см}$   
 $l_2=5\text{ см}$   
 $P_{\text{атм}}=?$

*Решение:*  
В первом случае давление воздуха внутри трубки  $P_1=P_{\text{атм}}-h$ . Во втором случае  $p_2=p_{\text{атм}}+h$ . По закону Бойля-Мариотта  $P_1V_1=P_2V_2$  где  $V_1=SL_1$ ,  $V_2=SL_2$ . Тогда  $(p_{\text{атм}}-h)=(p_{\text{атм}}+h)SL_2$ , откуда  $p_{\text{атм}}=h(L_1+L_2)/L_1-L_2$   
 $P_{\text{атм}}=12,5*12/2=75(\text{см рт ст})$ .  
*Ответ:*  $P_{\text{атм}}=75 \text{ см рт ст}$ .

6 Сжатый воздух подается в газгольдер объемом 5 м<sup>3</sup>. За какое время его накачают до давления 7 кг/см<sup>2</sup>, если компрессор всасывает 5,5 м<sup>3</sup> атмосферного воздуха в минуту при давлении 1 кг/см<sup>2</sup>? Температуру считать постоянной.

*Дано:*  
 $V_2=5\text{ м}^3$   
 $P_2=7 \text{ кг/см}^2=7*0,98*10^5 \text{ Н/м}^2$   
 $V_1=5,5\text{ м}^3/\text{мин}=1,1/12\text{ м}^3/\text{с}$   
 $P_1=1 \text{ кг/см}^2=0,98*10^5 \text{ Н/м}^2$   
 $t=?$

*Решение:*  
Для накачивания воздуха в газгольдер до давления  $P_2$  компрессор работает в течение времени  $t$ . Объем засасываемого воздуха  $V'_1=V_2$  при давление  $p_1$ . Когда воздух накачали в газгольдер, он занял объем  $V_2$  и его давление стало  $p_2$ . На основании закона Бойля-Мариотта  $P_1V'_1=P_2V_2$  или  $P_1V_1t_1=P_2V_2$ , откуда  $t_1=P_2V_2/P_1V_1$   
 $t=7*0,98*10^5*5*12/0,98*10^5*1,1=380(\text{с})$ .  
*Ответ:*  $t=380 \text{ с}$ .

7. Открытая стеклянная трубка длиною 40 см наполовину погружена в ртуть. Когда верхний конец трубки закрыли и подняли ее до уровня ртути в сосуде, то высота уровня ртути в трубке оказалась равной 15 см. Каково атмосферное давление во время опыта?

**Дано:**

$l=40 \text{ см}$

$l_1=15 \text{ см}$

$H?$

**Решение:**

По закону Бойля-Мариотта  $P_1V_1=P_2V_2$  где  $p_1=H$ -равное атмосферному давлению воздуха над ртутью до закрытия отверстия, а  $V_1=L/2S$ -его объем;

$P = P_1 V_1 = (L - l_1) S$ -соответственно давление и объем воздуха над ртутью

после того, как ее закрыли и подняли до уровня ртути в сосуде. В предыдущие выражения  $P_1V_1=P_2V_2$  вместо  $P_1, P_2, V_1, V_2$  подставим их значения:

$HL/2S=(H-l_1)(L-l_1)s$ . Отсюда  $H=2l_1(l-l_1)/l-2l_1$   $H=30*25/10=75(\text{см рт ст})$ .

**Ответ:** 75 см рт ст.

### Решить задачи самостоятельно

#### Вариант 1

1. Начертите графики изотермического, изобарного и изохорного процессов в координатах  $P$  и  $V$ ;  $P$  и  $T$ ;  $T$  и  $V$ .

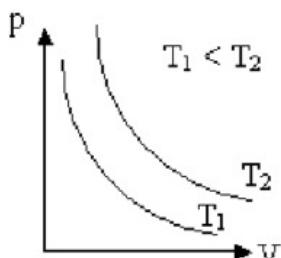
2. Идеальный газ сначала изобарно расширили, а затем изотермически сжали до прежнего объема. Изобразите эти процессы в координатах  $P$  и  $V$ ;  $P$  и  $T$ ;  $V$  и  $T$ .

3. В сосуде находится  $m=14 \text{ кг}$  азота при  $T=300 \text{ К}$  и давлении  $p = 8,3*10^4 \text{ Па}$ . Определите объем  $V$  сосуда.

4. При сжатии неизменного количества идеального газа объем уменьшился в 2 раза, а температура увеличилась в 2 раза. Определите, как изменилось давление газа.

#### Вариант 2

1. На рис.1



изображены две изотермы одной и той же массы газа. Чем отличаются состояние газов, если газы одинаковые? Чем отличаются газы, если температуры газов одинаковые? Указание: воспользуйтесь уравнением Клапейрона-Менделеева.

2. Идеальный газ сначала нагревался при постоянном давлении, потом его давление уменьшалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре объем газа уменьшился до первоначального значения. Построить график в координатных осях  $V-T$ .

3. В сосуде вместимостью  $V=0,83 \text{ м}^3$  находится  $m=2 \text{ кг}$  азота при давлении  $p = 2*10^5 \text{ Па}$ . Определите температуру  $T$  азота.

4. Температура  $V_1=2$  моль кислорода, находящегося в сосуде, равна  $T_1=300 \text{ К}$ . Определите температуру  $T_2$  водорода, находящегося в сосуде той же вместимости при той же давлении, взятого в количестве  $V_2=2$  моль.

### Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

#### Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

**Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов**

**Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов**

**Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов**

**Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов**

## **Тема 2.1 Основы молекулярно-кинетической теории и термодинамики. Агрегатные состояния вещества. Фазовые переходы**

### **Практическое занятие №5 Решение задач по теме: “Свойства твердых тел. Виды деформации”.**

**Цель:** научиться применять закон Гука к решению некоторых физических задач, научиться отличать абсолютное и относительное удлинение.

**Выполнение работы способствует формированию:**

1. ПР61; ПР64; ПР67; ПР68;
2. МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13;
3. ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

**Материальное обеспечение:** тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

**Указание:** Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступить к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа. Порядок выполнения работы

**Порядок выполнения работы:**

1. Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).
2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

**Ход работы:**

**1. Теория.**

**Виды деформации. Закон Гука.**

*Деформацией* называют изменение формы или объема тела.

*Упругой* называют деформацию, которая полностью исчезает после прекращения действия внешних сил.

*Неупругой (пластической)* называют деформацию, которая не исчезает после прекращения действия внешних сил.

Сила, возникающая в результате деформации тела и направленная в сторону, противоположную перемещению частиц тела при деформации, называется *силой упругости*.

Причиной деформации тела является движение одной части относительно другой, а следствием деформации тела является возникновение силы упругости.

Виды деформации

Деформация растяжения (сжатия)

- это деформация, при которой изменяется расстояние между параллельными слоями упругого твердого тела.

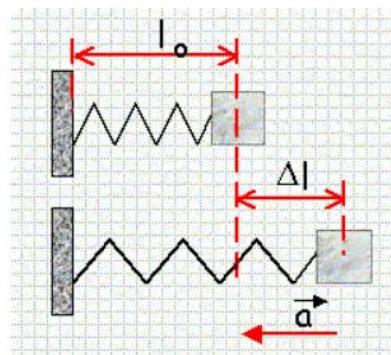
При деформации растяжения увеличиваются размеры тела.

При деформации сжатия уменьшаются размеры тела.

Деформация растяжения (сжатия) характеризуется абсолютным удлинением.

Абсолютное удлинение показывает на сколько изменяется длина тела по сравнению с первоначальной длиной образца.

$$\Delta l = l - l_0$$



$\Delta l > 0$  деформация растяжения  $\Delta l < 0$  деформация сжатия

Относительным удлинением называют физическую величину, равную отношению абсолютного удлинения к первоначальной длине образца.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Деформация изгиба

Деформации изгиба подвергается тело, закрепленное с двух сторон и нагруженное посередине, либо тело, закрепленное с одной стороны и нагруженное с другой стороны.

При деформации изгиба вогнутая часть тела подвергается деформации сжатия, выпуклая часть тела подвергается деформации растяжения.

Чтобы тела меньше подвергались, деформации изгиба, их делают трубчатыми.

Деформация сдвига

- это такая деформация, при которой происходит смещение (сдвиг) параллельных слоев упругого твердого тела друг относительно друга.

Деформация кручения

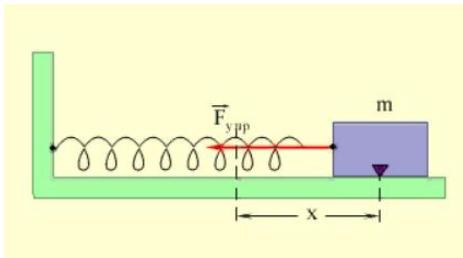
Деформации кручения подвергается тело, один конец которого закреплен, а к другому концу приложены две силы, равные по модулю и противоположные по направлению.

Закон Гука

Сила упругости, возникающая при малых деформациях тела, пропорциональна удлинению тела и направлена в сторону, противоположную направлению перемещений частиц тела.

$$F_y = -kX$$

$k$  - жесткость тела, зависит от формы и размеров тела, и от материала, из которого изготовлено тело,  $x$  - смещение.



Для деформаций растяжения и сжатия:

$\Delta\ell = \ell - \ell_0$  – абсолютная деформация (удлинение), м.

$\epsilon = \frac{\Delta\ell}{\ell_0}$  – относительная деформация (удлинение), 1.

$\ell_0$  – начальная длина тела, м;

$\ell$  – конечная длина тела, м.

$F_{upr}$  – сила упругости, возникающая при деформации тела и направленная противоположно смещению частиц тела, Н.

$S$  – площадь поперечного сечения тела, перпендикулярного линии действия силы, м<sup>2</sup>.

*Механическое напряжение*  $\sigma$  – физическая величина, определяемая силой упругости, действующей на единицу площади поперечного сечения тела.

$$\sigma = \frac{F_{upr}}{S}.$$

*Закон Гука:* при малых упругих деформациях механическое напряжение прямо пропорционально модулю относительной деформации тела.

$$\sigma = E \cdot |\epsilon|,$$

где  $E$  – модуль упругости вещества или модуль Юнга, Па.

$$E = \frac{\sigma}{|\epsilon|} = \frac{F \cdot l_0}{S \cdot \Delta l} = const \text{ – характеристика вещества.}$$

Сталь:  $E \approx 2 \cdot 10^{11}$  Па; резина:  $E \approx 10^7$  Па.

$[E] = \text{Па}$

( $E$  – механическое напряжение при  $\Delta\ell = \ell_0$ ).

$$\sigma = E \cdot |\epsilon| \Rightarrow \frac{F}{S} = E \frac{\Delta l}{l_0} \Rightarrow F = \frac{E \cdot S \cdot \Delta l}{l_0}$$

Обозначим  $k = \frac{ES}{l_0}$  – жесткость (коэффициент упругости), тогда:  $F_{upr} = -K\Delta\ell$  ( $\leftrightarrow$  т.к.  $F_{upr}$  против  $\Delta\ell$ )

или  $F_{upr} = -kx$  ( $x = \Delta\ell$ )

$$[K] = \frac{H}{m} \text{ (сила при абсолютной деформации 1 м).}$$

Примеры решения задач рассмотреть в пособии

**Решить задачи**

(**n** - номер вашего варианта по списку)

1. Зачем на точных измерительных инструментах указывается температура (обычно 20 °C)?
2. Объяснить с точки зрения МКТ соединение деталей с помощью клея. Почему твердые материалы склеиваются труднее, чем пластичные? Чем соединение деталей паянием сходно со склеиванием?
3. При соединении деталей паянием поверхности предварительно зачищают от загрязнений и оксидов, иначе жидкий припой не пристает к ним. Как это можно объяснить на основе знаний о силах молекулярного взаимодействия?
4. Что общего между сваркой металлов и паянием их?
5. Для соединения алюминиевых проводов, а также деталей из меди, никеля, цинка применяют так называемую холодную сварку. Соединяемые поверхности укладывают в нахлестку и сжимают прессом без предварительного нагрева. Объяснить, почему получается прочное соединение. В чем заключается сущность сварки плавлением?
6. Проникновение атомов некоторых металлов (алюминий, хром и др.) в глубь стального изделия делает его поверхность прочной и нержавеющей. Какое физическое явление лежит в основе металлизации поверхности стали и почему она производится при более высокой температуре?
7. Как известно, молекулы и атомы твердого тела колеблются около некоторого среднего положения. Вследствие этого твердые тела сохраняют свою форму неизменной. Почему в таком случае в твердых телах возможна диффузия? Почему диффузия в них происходит медленно при низкой температурах и быстрее при высокой?
8. Определите силу поверхностного натяжения, действующую на пластиковую рейку, плавающую на поверхности воды. Длина рейки 20 см.
9. Проволока длиной 5,4 м под действием нагрузки удлинилась на 2,7 мм. Определите абсолютное и относительное удлинение проволоки.
10. К концам стальной проволоки длиной **n** метров и площадью поперечного сечения 1мм<sup>2</sup> приложены растягивающие силы по 200Н каждая. Найдите абсолютное и относительное удлинение
11. Почему металлоизделия из стали и чугуна перед отправкой к потребителю обильно смазывают специальными маслами - тавотом или солидолом?
1. Каким физическим требованиям должна отвечать смазка, применяемая при обработке металлов давлением?
12. Какие деформации происходят в металле при обработке давлением?
13. Какое свойство металлов используют при обработке их ковкой и горячей штамповкой?
14. Почему большинство сплавов (сталь, чугун, бронза) меньше подвержены пластическим деформациям, чем чистые металлы?
15. Как изменяется структура металла при прокате?
16. При обработке металла давлением у заготовки возникает наклеп, если заготовки предварительно не нагреваются. Чем мешает наклеп?
17. Как изменяется энергия тела при пластических деформациях?
18. Проволока изготавливается на волочильном стане (металлический пруток многократно протягивается через ряд отверстий, с постепенно уменьшающимися отверстиями). Какие деформации испытывает при этом металл?
19. Прокат режут на полосы при температуре 800° С. Рассчитать длину горячих полос, если при температуре 20°C они должны иметь длину 15м.
20. Почему обработка стали труднее обработки дюраалюминия?
21. Проникновение атомов некоторых металлов (алюминий, хром и др.) в глубь стального изделия делает его поверхность прочной и нержавеющей. Какое физическое явление лежит в основе металлизации поверхности стали и почему она производится при более высокой температуре?

22. Для придания стальным изделиям твердости насыщают их поверхностный слой углеродом (цементация), азотом (азотирование), алюминием (алютирование). Почему процессы проводят при высоких температурах? На каком физическом явлении они основаны?
23. При соединении деталей паянием поверхности предварительно защищают от загрязнений и оксидов, иначе жидкий припой не пристает к ним. Как это можно объяснить на основе знаний о силах молекулярного взаимодействия?
24. Внутри чугунной отливки во время литья могут остаться пузырьки газа, что ухудшает его прочность. Имеются ли пустоты в чугунной отливке, если ее объем 5 дм<sup>3</sup>, а масса 30,5кг? Если имеются, то каков их объем?
25. Для плавки металла требуется воздушное дутье, обеспечивающее поступление в печь  $n$  м<sup>3</sup> воздуха в секунду при давлении 200кПа. Какой объем воздуха при давлении 100кПа нужно подавать каждую секунду в печь, чтобы обеспечить ее работу (процесс изотермический).
26. Нагретые для закалки стальные детали охлаждают в воде, масле. В какой среде охлаждение идет наиболее быстро и почему?
27. При обработке металлов резанием в качестве охлаждающих жидкостей широко применяют масла и эмульсии. Почему почти не применяют для этих целей водные растворы?
28. Для изготовления арматуры железобетонных конструкций применяют легированные стали. Легирующие элементы (марганец, кремний, хром) образуют с железом твердые растворы, структура и свойства которых отличаются от структуры и свойств твердых растворов углерода с железом – углеродистых сталей. В чем состоит это отличие?
29. Каков механизм кристаллизации металла?
30. Все виды термической обработки (отжиг, нормализация, отпуск, закалка) сплавов сводятся к их нагреву до определенной температуры, выдерживанию при этой температуре и охлаждению до комнатной температуры (+20°C) с разной скоростью. Как влияет скорость охлаждения на физико-химические свойства?
31. Можно ли заливать металл в форму, сделанную из материала, который смачивается данным металлом?
32. В листе стали имеется круглое отверстие. Увеличится оно или уменьшится, если лист стали нагреть?
33. При испарении, как известно, температура жидкости понижается. Почему в таком случае температура воды, бензина, спирта и т. д. в обычных условиях почти такая же, что и температура окружающего воздуха, хотя их поверхность открыта?
34. Железнодорожные рельсы имеют длину 25 м и изготовлены из стали. Как изменяется их длина, если годовые изменения температуры колеблются от 30 до -30 °C?
35. В железнодорожную цистерну погрузили нефть объемом 50 м<sup>3</sup> при температуре 40С. Какой объем нефти выгрузили, если на станции назначения температура воздуха была -40° С?
36. В процессе коксования из 1 тонны угольной шихты получают около 700 кг кокса, 330м<sup>3</sup> коксового газа и около 20 кг смолы. Сколько коксового газа получат из 2,5 тонн угольной шихты.
37. Кокс получают сухой перегонкой каменных углей в коксовых печах, представляющих собой узкую камеру шириной около 0,5 м, высотой 4,5 м и длиной 15 м, объединенных в батарею. Какой объем батареи приходится обслуживать горновому, если число печей может достигать 70 штук?

### **Форма предоставления результата**

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

#### **Критерии оценки:**

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

**Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов**

**Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов**

**Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов**

**Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов**

## Раздел 3 Электродинамика

### Тема 3.1 Электростатика

#### Практическое занятие №6. Решение задач по теме «Электрическое поле. Электрические заряды. Законы электростатики.»

**Цель:** сформировать умения применять полученные знания для решения практических задач.

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР64; ПР63; ПР67

МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

#### Материальное обеспечение:

индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

#### Указание:

Практическое занятие состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступить к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практического задания отводится два академических часа.

#### Задание:

1. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями
2. Решите задачи, самостоятельно используя примеры и краткие теоретические сведения.

#### Порядок выполнения работы:

1. Изучите и выпишите формулы по данной теме:
2. Разберите примеры решенных задач
3. Решите самостоятельно задачи

### Краткие теоретические сведения

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Закон Кулона в вакууме:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2}$$

Закон Кулона в среде:

$$\text{Напряженность электрического поля: } \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Напряженность электрического поля точечного заряда:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q}{r^2} = k \frac{q}{\epsilon r^2}$$

Закон сохранения электрического заряда:  $g = g_1 + g_2 + \dots + g_n$ .

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi = \frac{A}{q}$$

Разность потенциалов:

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

Потенциал точечного заряда:

Связь потенциала и напряженности:  $E = \frac{\Delta\varphi}{d}$ .

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}.$$

Электроемкость конденсатора:

$$W = \frac{q(\varphi_1 - \varphi_2)}{2} = \frac{qU}{2}.$$

Энергия заряженного конденсатора:

Соединение конденсаторов:

Последовательное соединение конденсаторов – соединение, при котором после зарядки отрицательно (положительно) заряженная обкладка предыдущего конденсатора соединена с положительно (отрицательно) заряженной обкладкой последующего.

$$\frac{1}{C_{\text{бат}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \Rightarrow \frac{1}{C_{\text{бат}}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

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

$$C_{\text{бат}} = \sum_{i=1}^n C_i \quad C_{\text{бат}} = C_1 + \dots + C_n$$

### Примеры решения задач

1. Какую работу совершае поле при перемещении заряда  $2 \cdot 10^{-8}$  Кл из точки с потенциалом 700 В в точку с потенциалом 200 В?

Дано:

$$q = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$\varphi_1 = 700 \text{ В}$$

$$\varphi_2 = 200 \text{ В}$$

$$A - ?$$

Решение:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q} \Rightarrow A = (\varphi_1 - \varphi_2) \cdot q$$

Вычисление:

$$A = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} \cdot (700 \text{ В} - 200 \text{ В}) = 1 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$$

2. В однородном электрическом поле с напряженностью  $6 \cdot 10^5 \frac{Н}{Кл}$  перемещается заряд  $7 \cdot 10^{-8}$  Кл на расстояние 8 см под углом  $60^\circ$  к линиям напряженности. Определить работу по перемещению этого заряда.

Дано:

$$E = 6 \cdot 10^5 \frac{Н}{Кл}$$

$$q = 7 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$\ell = 8 \text{ см}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$A - ?$$

«СИ»

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

Решение:

$$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha; F = E \cdot q; S = \ell; A = E \cdot q \cdot \ell \cdot \cos \alpha$$

$$A = 7 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} \cdot 6 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \cdot 8 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot 0,5 =$$

$$= 1,68 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} = 1,68 \text{ мДж}$$

Ответ:

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

¶

&lt;p

- Напряжение между полюсами батареи аккумуляторов  $n$  кВ, какой заряд получит конденсатор емкостью 500 мкФ, если его соединить с полюсами этой батареи?
- Две одинаковые небольшие поверхности при транспортировке деталей получили заряды  $6 \cdot 10^{-6}$  Кл и  $-12 \cdot 10^{-6}$  Кл, находящиеся на расстоянии  $n$  см друг от друга. Определите силу взаимодействия между ними.
- При перемещении заряда 2 Кл в электрическом поле силы, действующие со стороны этого поля, совершили работу 8 Дж. Чему равна разность потенциалов между начальной и конечной точками пути?
- При перемещении электрического заряда между с точками с разностью потенциалов 8 В силы, действующие на заряд со стороны электрического поля, совершили работу 4 Дж. Чему равен заряд?
- Напряжение между двумя горизонтально расположенными пластинами 600 В. В поле этих пластин находится в равновесии заряженная пылинка массой  $3 \cdot 10^{-8}$  г. Расстояние между пластинами  $n$  мм. Определите заряд пылинки.
- Конденсатор емкостью 0,02 мкФ соединили с источником тока, в результате чего он приобрел заряд  $10^{-6}$  Кл. Определите значение напряженности поля между пластинами конденсатора, если расстояние между ними  $n$  мм.
- В некоторой точке электрического поля на заряд  $q = 5$  нКл действует сила  $F = 4 \cdot 10^{-7}$  Н. Найти напряженность поля  $E$  в данной точке.
- Какая напряженность электрического поля  $E$  создается зарядом ядра неона ( $\text{Ne}$ )  $q = 1,6 \cdot 10^{-18}$  Кл на расстоянии  $r = 10^{-10}$  м от центра ядра?
- На расстоянии  $r = 5$  см друг от друга в вакууме расположены противоположные по знаку заряды величиной  $|q| = 7$  нКл. Найти напряженность электрического поля  $E$  в точке, находящейся на расстоянии,  $a = 3$  см от положительного заряда и в  $b = 4$  см от отрицательного заряда.
- В однородном электрическом поле расстояние между двумя точками вдоль силовой линии  $r = n$  см, а разность потенциалов между ними 100 В. Определите напряженность поля  $E$ .
- При напряжении между пластинами конденсатора 200 В разноименные заряды на пластинках равны  $10^{-4}$  Кл. Чему равна электроемкость конденсатора?
- Вычислите энергию электрического поля конденсатора электроемкостью 10 мкФ, заряженного до напряжения 10 В.
- Какая работа совершается при перемещении заряда 4,6 мкКл в электрическом поле между точками с разностью потенциалов 260 кВ?
- В однородном электрическом поле с напряженностью  $18 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$  перемещается заряд  $7 \cdot 10^{-8}$  Кл на расстояние  $n$  см под углом  $60^\circ$  к линиям напряженности. Определить работу по перемещению этого заряда.
- Определить емкость батареи  $C_{\text{бат.}}$ , если конденсаторы с емкостями  $C_1 = 10$  пФ,  $C_2 = 15$  пФ и  $C_3 = 20$  пФ соединили: а) последовательно; б) параллельно. Схемы соединения конденсаторов начертить.

#### **Форма представления результата:**

Выполнить задание в тетради для практических работ.

#### **Критерии оценки:**

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов*

*Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов*

*Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов*

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов*

## Тема 3.4 Магнитное поле Электромагнитная индукция

### Практическое занятие №7 Решение задач по теме «Магнитное поле и его характеристики. Магнитная индукция»

**Цель:** сформировать понимание роли физики в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач; для объяснения условий протекания физических явлений, умения выполнять расчетные и графические задачи

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР67, ПР63, ПР64

MP8, MP9, MP10, MP21, MP17, MP13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

**Материальное обеспечение:**

индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

**Указание:**

Практическое занятие состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступить к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практического задания отводится два академических часа.

**Задание:**

Ознакомьтесь с теоретическими сведениями используя ссылку

<https://znanium.com/catalog/product/1012153>, §43,44, выпишав формулы отмеченные скобками , например( 43.1)

Решите задачи, самостоятельно используя примеры и краткие теоретические сведения.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучите и выпишите формулы по данной теме в виде краткого конспекта
2. Разберите примеры решенных задач
3. Решите самостоятельно задачи

#### Примеры решения задач

1. Проводник с силой тока 5А помещен в однородное магнитное поле с индукцией  $1 \cdot 10^{-2}$  ТЛ. Угол между направлениями тока и поля  $60^\circ$ . определите длину проводника, если поле действует на него силой  $2 \cdot 10^{-2}$  Н.

Дано:	Решение
$I = 5\text{A}$	$F = B \cdot I \cdot \ell \sin \alpha \Rightarrow \ell = \frac{F}{B \cdot I \sin \alpha};$
$B = 1 \cdot 10^{-2}\text{ ТЛ}$	
$\alpha = 60^\circ$	
$F = 2 \cdot 10^{-2}\text{ Н}$	$\ell = \frac{2 \cdot 10^{-2}\text{ Н}}{1 \cdot 10^{-2}\text{ ТЛ} \cdot 0.87 \cdot 5\text{ А}} \approx 0,46$

$$\frac{\ell - ?}{\sin 60^\circ} \approx 0,87$$

Ответ:  $\ell = 0,46 \text{ м.}$

2. Какая сила действует на электрон, летящий в однородном магнитном поле с индукцией  $1 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$  перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью  $3 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ , заряд электрона  $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$

Дано	«СИ»	Решение
$v = 3 \cdot 10^6 \text{ м/с}$		На электрон, движущийся в магнитном поле, действует сила Лоренца:
$B = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$		$F_L = B \cdot  q  \cdot v \cdot \sin \alpha$
$\alpha = 90^\circ$		$F_L = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Тл} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 3 \cdot 10^6 \text{ м/с} =$
$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$		$4,8 \cdot 10^{-15} \text{ Н}$
$F = ?$		

Ответ:  $4,8 \cdot 10^{-15} \text{ Н}$

### Решить задачи самостоятельно

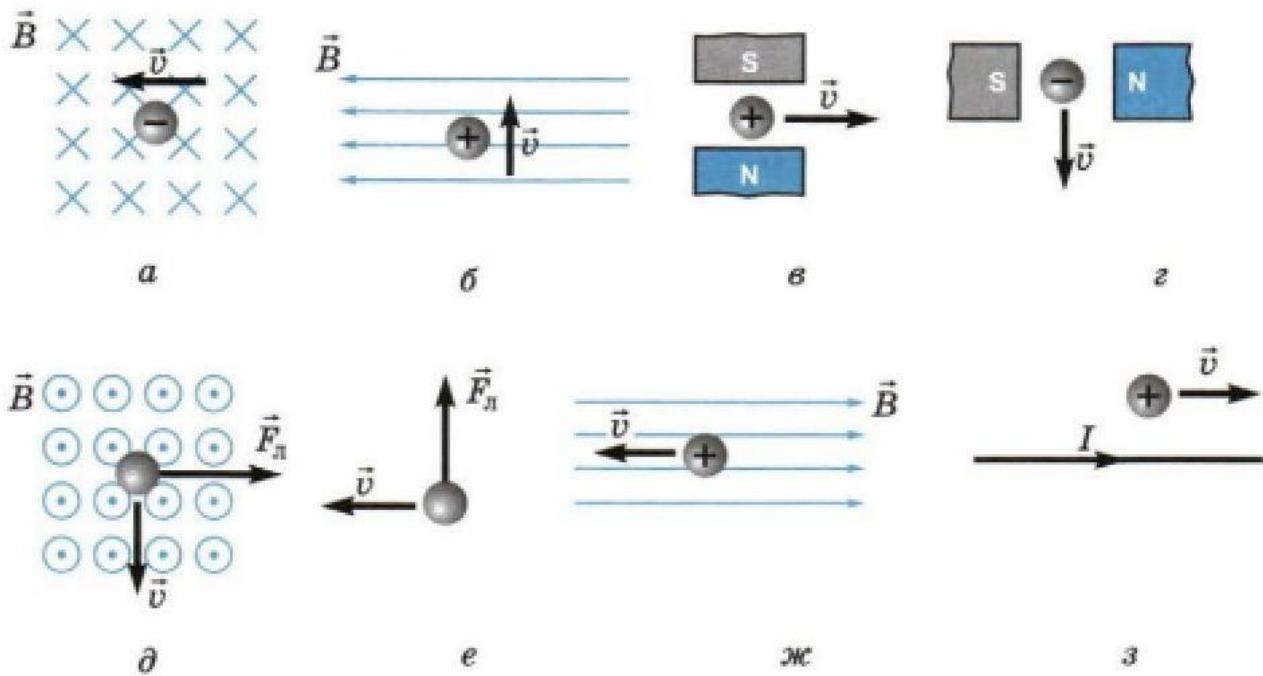
(**n** - номер вашего варианта по списку)

- На прямолинейный проводник с током 1,5 А в однородном магнитном поле с индукцией 0,4 Тл действует сила  $n$  Н. Определите длину проводника, если он расположен под углом 30° к силовым линиям.
- Какая сила действует на протон, летящий в однородном магнитном поле с индукцией  $4 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$  перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью  $2 \cdot 10^5 \text{ м/с}$ . Заряд протона  $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$
- Дайте определение магнитной индукции. В каких единицах она измеряется? Запишите единицу магнитной индукции через основные единицы измерения в системе СИ.
- Электрон движется в вакууме со скоростью  $3 \cdot 10^6 \text{ м/с}$  в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1 \text{ Тл}$ . Чему равна сила  $F$ , действующая на электрон, если угол между направлением скорости и линиями магнитной индукции равен 900?
- Прямолинейный проводник, по которому идет ток силой 10 А, помещен в однородное магнитное поле, индукция которого 0,3 Тл. Угол между направлением тока и вектором магнитной индукции равен 300.
- С какой силой  $F$  действует магнитное поле на участок проводника длиной  $n$  м?
- Определите магнитный поток, проходящий через прямоугольную рамку со сторонами  $2 \times 5 \text{ см}$ , если она помещена в однородное магнитное поле с индукцией  $4 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$  под углом 30° к линиям индукции поля.

10. В однородное магнитное поле, индукция которого  $1,26 \cdot 10^{-3}$  ТЛ, помещен прямой проводник длиной  $n$  см. Определите силу, действующую на проводник, если по нему течет ток  $50$  А, а угол между направлением тока вектором индукции составляет  $30^\circ$ .
11. Проводник с силой тока  $5,0$  А помещен в однородное магнитное поле с индукцией  $1,0 \cdot 10^{-2}$  ТЛ. Угол между направлениями тока и поля  $60^\circ$ . Определите активную длину проводника, если поле действует на него силой  $2 \cdot 10^{-2}$  Н.
12. Какую работу совершают однородное магнитное поле индукцией  $1,5 \cdot 10^{-2}$  ТЛ при перемещении на расстояние  $0,2$  м проводника длиной  $2$  м, по которому течет ток  $10$  А; если перемещение происходит вдоль действия сил? Проводник расположен под углом  $30^\circ$  к направлению поля.
13. Найдите индукцию магнитного поля, в котором максимальный момент сил, действующих на рамку с током в  $3,0$  А, равен  $1,5$  Н·м. Размеры рамки  $0,05 \times 0,04$  м, число витков равно  $n$ .
14. В однородном магнитном поле с индукцией  $0,25$  ТЛ находится прямолинейный проводник длиной  $1,4$  м, на который действует сила  $2,1$  Н. Определите угол между проводником и направлением вектора индукции магнитного поля, если сила тока в проводнике  $12$  А.
15. Чему равна сила тока в прямом проводнике длиной  $1,0$  м, помещенном в однородное магнитное поле с индукцией  $1,5 \cdot 10^{-3}$  ТЛ, если на этот проводник со стороны поля действует сила  $2,1 \cdot 10^{-3}$  Н? Угол между направлением электрического тока и вектором индукции равен  $45^\circ$ .
16. На обмотку ротора электродвигателя при прохождении по проводу тока  $20$  А действует сила в  $40$  Н. Определите величину магнитной индукции в месте расположения провода, если его длина  $20$  см. Обмотка содержит  $n$  витков.
17. Электрон описывает в магнитном поле окружность радиусом  $4,0 \cdot 10^{-3}$  м. Скорость движения электронов равна  $3,5 \cdot 10^6$  м/с. Найдите индукцию магнитного поля.
18. Протон движется со скоростью  $1,0 \cdot 10^6$  м/с перпендикулярно однородному магнитному полю с индукцией  $1,0$  ТЛ. Найдите силу, действующую на протон, и радиус окружности, по которой он движется.
19. Электрон влетает в однородное магнитное поле, индукция которого  $2,0 \cdot 10^4$  ТЛ, перпендикулярно силовым линиям со скоростью  $1,0 \cdot 10^6$  м/с. Вычислите радиус окружности, по которой будет двигаться электрон.
20. Какая сила действует на электрон, летящий в однородном магнитном поле с индукцией  $1,0 \cdot 10^{-2}$  ТЛ перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью  $3,0 \cdot 10^6$  м/с?
21. Электрон, двигаясь со скоростью  $3,54 \cdot 10^5$  м/с, попадает в однородное магнитное поле с индукцией  $2,0 \cdot 10^{-5}$  ТЛ перпендикулярно к его силовым линиям и продолжает движение по окружности радиусом  $10$  см. Найдите удельный заряд электрона, т.е., отношение его заряда к массе.
22. Протон, имеющий скорость  $4,6 \cdot 10^5$  м/с, влетает в однородное магнитное поле с индукцией  $0,30$  ТЛ перпендикулярно магнитным силовым линиям. Рассчитайте радиус окружности, по которой будет двигаться протон.
23. Протон движется в однородном магнитном поле с индукцией  $3,4 \cdot 10^{-2}$  ТЛ в плоскости, перпендикулярной к силовым линиям. Определите радиус траектории протона, если движение происходит в вакууме  $3,3 \cdot 10^5$  м/с.
24. В однородное магнитное поле с индукцией  $8,5 \cdot 10^{-3}$  ТЛ влетает электрон со скоростью  $4,6 \cdot 10^6$  м/с, направленной перпендикулярно к силовым линиям. Определите силу, действующую на электрон в магнитном поле и радиус дуги окружности, по которой он движется.
25. В магнитное поле с индукцией  $0,5$  ТЛ в направлении, составляющем угол  $45^\circ$  с линиями индукции, влетает электрон со скоростью  $2,0 \cdot 10^6$  м/с. Определите силу, действующую на него.
26. В магнитное поле в направлении, перпендикулярном линиям индукции, влетает протон со скоростью  $3,2 \cdot 10^5$  м/с. Найдите индукцию этого поля, если протон описал окружность радиусом  $10$  см.
27. Задачи на построения:

Определите направление движения проводника с током (сила Ампера)		
<p>Ответ: Определите полярность магнита</p> <p>Ответ: отмечь на магните</p>	<p>Ответ: Определите направление тока в проводнике</p> <p>Ответ:</p>	<p>Ответ: Укажите линии магнитного поля</p> <p>Ответ:</p>

28. Сформулируйте задачу и решите ее



#### Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

#### Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов

Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов

Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов

## **Тема 3.4 Магнитное поле Электромагнитная индукция**

### **Практическое занятие №8. Решение задач по теме «Электромагнитная индукция. Самоиндукция»**

**Цель:** сформировать понимание роли физики в формировании кругозора владение основополагающими физическими понятиями, закономерностями, законами и теориями; умения выполнять расчетные и графические задачи

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР67; ПР64, ПР63

МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

**Материальное обеспечение:**

индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

**Указание:**

Практическое занятие состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступить к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практического задания отводится два академических часа.

**Задание:**

1. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями используя ссылку <https://znanium.com/catalog/product/1012153>, 52§ и краткую запись формул ниже
2. Решите задачи, самостоятельно используя примеры и краткие теоретические сведения.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучите и выпишите формулы по данной теме:
2. Разберите примеры решенных задач
3. Решите самостоятельно задачи
4. Ответьте на вопросы теста <https://znanium.com/catalog/product/1012153>, стр331.

#### **Краткие теоретические сведения**

**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,  $\frac{B\delta}{c}$ .

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.

Разность потенциалов  $U$  на концах прямолинейного проводника длиной  $l$ , движущегося со скоростью  $v$  в однородном магнитном поле

$$U = Bl \sin \alpha,$$

где  $\alpha$  – угол между направлениями векторов скорости  $v$  и магнитной индукции  $B$

Электрический ток, проходящий по проводнику, создает вокруг него магнитное поле. Магнитный поток сквозь площадь поверхности, ограниченную самим контуром, пропорционален силе тока в контуре:  $\Phi = L \cdot I$ .

Коэффициент пропорциональности  $L$  называется *индуктивностью* контура:  $[L] = \left[ \frac{\Phi}{I} \right] = \frac{B\delta}{A} =$

Гн (генри).

Значение индуктивности зависит от размеров и формы проводника, а также от магнитных свойств сферы, в которой он находится. ЭДС самоиндукции по закону электромагнитной индукции равна:

$$\varepsilon_{is} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}, \text{ т.к. } \varepsilon_{is} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t},$$

где  $\Delta I = I_2 - I_1$  – изменение силы тока в проводнике, А;

$\Delta t$  – время его изменения, с;

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} – \text{скорость изменения силы тока, } \frac{A}{c}.$$

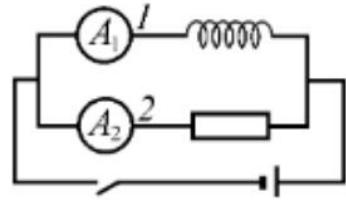
$$\text{Энергия магнитного поля проводника с током: } W_M = \frac{L \cdot I^2}{2}, [\text{Дж}]$$

### Решить задачи самостоятельно

(**n** - номер вашего варианта по списку)

- На сколько изменилась сила тока в проводнике, если за 0,1 с в проводнике, индуктивность которого 4 Гн, появилась ЭДС самоиндукции равная 12 В?
- За какой промежуток времени магнитный поток изменился на 0,01 Вб, если в контуре возникает ЭДС индукции n В?
- Магнитное поле катушки с индуктивностью 0,2 Гн обладает энергией 0,4 Дж. Чему равна сила тока в катушке?
- Определите энергию, запасаемую в магнитном поле индуктора, который используется в установке для магнит импульсивного формования. Индуктивность катушки  $7,0 \cdot 10^{-7}$  Гн, сила разрядного тока  $1,45 \cdot 10^5$  А.
- Какой поток магнитной индукции создается в контуре электрическим током, если при его уменьшении до нуля за 0,01 с в контуре возникает эдс самоиндукции равная 30 В?
- Определите энергию магнитного поля катушки, в которой при силе тока 6,8 А магнитный поток равен  $2,5 \cdot 10^{-3}$  Вб.

7. За какой промежуток времени в катушке с индуктивностью 0,28 Г происходит нарастание силы тока от нуля до 9,6 А, если при этом возникает средняя эдс самоиндукции, равная 38,4 В?
8. Проводник длиной  $n$  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.
9. Какой магнитный поток пронизывает контур, если при равномерном исчезновении магнитного поля в течение  $n$  с в катушке индуцируется эдс, равная 0,02 В?
10. Какой магнитный поток пронизывает плоскую поверхность площадью 3 см<sup>2</sup> при индукции поля 0,24 ТЛ, если нормаль к поверхности расположена под углом  $60^\circ$  к вектору индукции.
11. Определите индуктивность катушки, если при увеличении тока в ней на 2,2 А за  $50 \cdot 10^{-2}$  с появляется средняя эдс самоиндукции, равная 1,1 В.
12. В проводнике длиной 0,5 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.
13. Определите магнитный поток, проходящий через прямоугольную площадку со сторонами 20x40 см, если она помещена в однородное магнитное поле с индукцией  $5,0 \cdot 10^{-2}$  ТЛ под углом  $60^\circ$  к линиям индукции поля.
14. Определите ЭДС индукции, возбуждаемую в контуре, если в нем за 0,01 с магнитный поток равномерно уменьшается 0,5 до 0,4 Вб, чтобы в контуре возбуждалась ЭДС индукции 3,8 В.
15. 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  $n$  В.
16. 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.
17. 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.
18. 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, вертикальная составляющая магнитного поля Земли  $5,0 \cdot 10^{-5}$  ТЛ.
19. 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  $n$  с?
20. Магнитное поле катушки с индуктивностью 0,1 Г обладает энергией 0,8 Дж. Чему равна сила тока в катушке?
21. Проволочная прямоугольная рамка со сторонами 20 и 30 см расположена в однородном магнитном поле и перпендикулярна силовым линиям. Определите индукцию этого поля, если при его исчезновении за  $1,2 \cdot 10^{-2}$  с в рамке наводится средняя ЭДС 3,5 мВ.
22. Чему равна индуктивность катушки, если протекающий по ней ток силой 0,15 А создает поток магнитной индукции  $7,5 \cdot 10^{-3}$  Вб?
23. Чему равна индуктивность проводника, в котором при возрастании тока от 1,5 до 1,8 А за  $n$  с возбуждается ЭДС самоиндукции 0,9 В?
24. За какой промежуток времени в контуре индуктивностью  $2,0 \cdot 10^{-5}$  Г при изменении тока на 0,5 А возникает ЭДС самоиндукции 10 В?
25. Определите индуктивность катушки, если при токе 3,0 А магнитное поле в ней обладает энергией  $6,0 \cdot 10^{-2}$  Дж
26. Электрическая цепь собрана по схеме, представленной на рисунке. Сопротивление участка цепи 1 равно сопротивлению участка цепи 2. Сравните токи, которые покажут амперметры  $A_1$  и  $A_2$  сразу после замыкания ключа.



## Раздел 4 Колебания и волны

### Тема 4.2 Электромагнитные колебания и волны

#### **Практическое занятие №9 Решение задач на виды сопротивлений в цепях переменного тока. Формулы трансформатора**

**Цель:** сформировать понимание роли физики в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач; для объяснения условий протекания физических явлений, умения выполнять расчетные и графические задачи, изучить свободные электромагнитные колебания в контуре, виды сопротивления в цепи переменного тока, их отличия и особенности.

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР67; ПР63, ПР64

МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

**Материальное обеспечение:**

индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

**Указание:**

Практическое занятие состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практического задания отводится два академических часа.

**Задание:**

Ознакомьтесь с теоретическими сведениями используя ссылку

<https://znanium.com/catalog/product/1012153>, §54,55, 56 выпишав формулы

отмеченные скобками , например( 54.1)

Решите задачи, самостоятельно используя примеры и краткие теоретические сведения.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучите и выпишите формулы по данной теме в виде краткого конспекта
2. Разберите примеры решенных задач
3. Решите самостоятельно задачи
4. Выполнить тест <https://znanium.com/catalog/product/1012153>, стр 334 – Переменный ток; стр 336 Трансформатор

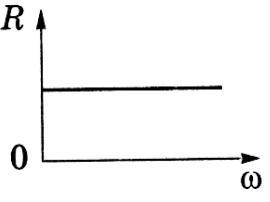
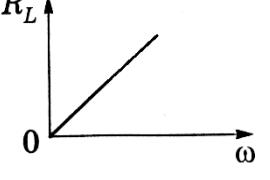
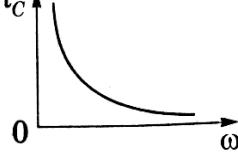
#### Краткие теоретические сведения

трансформатор

виды	повышающий	понижающий
Определение	трансформатор, у которого число витков во вторичной обмотке больше, чем в первичной	трансформатор, у которого число витков во вторичной обмотке меньше, чем в первичной
Рисунок		
Коэффициент трансформации	$n < 1$	$n > 1$
	$n = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \approx \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{S_2}{S_1}$	
КПД трансформатора	$\eta_{\text{трансформатора}} = \frac{P_n}{P_3} \cdot 100\% \approx 99\%$	

### Сопротивления в цепи переменного тока

Приборы	Резистор сопротивлением R	Катушку индуктивностью L	Конденсатор емкостью C
Схема			
Сила тока	$I(t) = I_0 \sin \omega t$	$I(t) = \frac{U_0}{\omega L} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$	$I(t) = C U_0 \omega \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$
Сдвиг фаз	$\varphi = 0$ Y, U изменяется в одинаковых фазах, а эл. энергия расходиться на тепловое действие тока	Напряжение опережает ток на $\varphi = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$	Напряжение отстает от тока на $\varphi = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$

Сопротивление	$R = \frac{\rho_0 \ell}{S} (1 + \alpha t)$	$X_L = \omega L$	$X_C = \frac{1}{\omega C}$
1. формула			
2. зависимость сопротивления от частоты			
3. определение	<u>Активное</u> – сопротивление потребителя, <u>преобразующего</u> подводимую к нему энергию в другие виды энергии	<u>Индуктивное</u> – сопротивление, обусловленное явлением самоиндукции	<u>Емкостное</u> – сопротивление, обусловленное наличием емкости в цепи
Закон Ома	$I(t) = \frac{U(t)}{R}$	$I_0 = \frac{U_0}{X_L}$	$I_0 = \frac{U_0}{X_C}$
Полное сопротивление цепи переменного тока: $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$			
<b>Закон Ома</b> для амплитудных значений силы тока $I_0$ и напряжения $U_0$ в цепи переменного тока:			
$I_0 = U_0 / \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$			
<b>Реактивное</b> – сопротивление потребителя, не <u>преобразующего</u> подводимую к нему энергию в другие виды энергии (н-р ракета) $X = X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$ ; $X_L > X_C$ – индуктивный характер; $X_L = X_C$ – резонанс; $X_C > X_L$ – ёмкостный характер			
<b>Действующее значение мощности переменного тока</b> ( $P$ ) – 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 $R$ выделят равные количества теплоты $Q$ . $P = \frac{I_0^2 R}{2} = \frac{I_0 U_0}{2} = \frac{U_0^2}{2R}$ . Действующее значение мощности переменного тока часто называют <b>активной мощностью</b> .			

### Примеры решения задач

1. Катушка индуктивностью 0,1 Гн и активным сопротивлением 25 Ом включена в сеть промышленного переменного тока со стандартной частотой. Определите ток в катушке, если напряжение на ее вводах 120 В.

Дано:	$I = \frac{U}{X}$	$x = \sqrt{25^2 + (4 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,1)^2} =$
катушка	$X = \sqrt{R^2 + X_L^2} =$	$= \sqrt{625 + 986} = \sqrt{1611} = 40,1 \Omega$
$L=0,1 \text{ Гн}$	$= \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} =$	$I_g = \frac{120}{40,1} \approx 3 A$
$R=25 \Omega$	$= \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2}$	
$v=50 \text{ Гц}$		
$U=120 \text{ В}$		
<hr/>	$I_g=?$	

2. На колхозную подстанцию поступает ток напряжением 6600 В. первичная обмотка трансформатора подстанции имеет 3300, а вторичная 110 витков. Определите рабочее напряжение в колхозной электросети и потребляемую мощность сила тока в сети 200 А потерями энергии в трансформаторе пренебречь.

Дано:	$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{U_1}{U_2}$	$U_2 = \frac{6600 \cdot 110}{3300} = 220 \text{ В}$
трансформатор	$U_2 = \frac{U_1 \cdot \omega_2}{\omega_1}$	$P_2 = 220 \cdot 220 = 44 \cdot 10^3 \text{ Вт} = 44 \text{ кВт}$
$U_1=6600 \text{ В}$	$P_2 = U_2 \cdot I_2$	
$\omega_1=3300 \text{ В}$		
$\omega_2=110$		
$I_2=200 \text{ А}$		
<hr/>	$U_2, P_2=?$	

3. Катушка индуктивностью 0,1 Гн и активным сопротивлением 25 Ом включена в сеть промышленного переменного тока со стандартной частотой. Определите ток в катушке, если напряжение на ее вводах 120 В.

Дано: катушка	$I = \frac{U}{X}$	$x = \sqrt{25^2 + (4 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,1)^2} =$
$L=0,1 \text{ Гн}$	$X = \sqrt{R^2 + X_L^2} =$	$= \sqrt{625 + 986} = \sqrt{1611} = 40,1 \Omega$
$R=25 \Omega$	$= \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} =$	$I_g = \frac{120}{40,1} \approx 3 A$
$v=50 \text{ Гц}$	$= \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2}$	
$U=120 \text{ В}$		
$I_g=?$		

4. Сила тока в первичной обмотке трансформатора 0,5 А, напряжение на ее концах 220 В, во вторичной обмотке соответственно 8 А и 12 В. Определите КПД трансформатора.

Дано: трансформатора	$\eta = \frac{P_n}{P_s} \cdot 100\% =$	$\eta = \frac{12 \cdot 8}{220 \cdot 0,5} \cdot 100\% = 87\%$
$I_1=0,5 \text{ А}$		
$I_2=8 \text{ А}$		
$U_1=220 \text{ В}$		
$U_2=12 \text{ В}$	$= \frac{U_2 I_2}{U_1 I_1} \cdot 100\%$	

## Решить задачи

(**n** - номер вашего варианта по списку)

1. Сила тока в первичной обмотке трансформатора 0,2 А, напряжение на клеммах 220 В. Определите напряжение и силу тока во вторичной обмотке трансформатора, если коэффициент трансформации 0,2.
2. Первичная обмотка трансформатора содержит 800 витков, вторичная 3200. Определите коэффициент трансформации.
3. Сила тока в сети изменяется по закону  $i = 8,5 \sin \omega t$ . Какое количество теплоты выделит электрокамин за 2 часа работы, если его сопротивление 80 Ом?
4. Сила тока в первичной обмотке трансформатора 0,6 А, напряжение на ее концах 220 В; во вторичной обмотке 6 А и 14 В. Определите КПД трансформатора.
5. В первичной обмотке повышающего трансформатора 80 витков, а во вторичной 1280. Напряжение на концах первичной обмотки 120 В, а величина тока во вторичной обмотке 0,25 А. Определите полезную мощность трансформатора.
6. Для трансляции радиопередач применяют понижающий трансформатор с напряжением 480 В до 30 В. Определите мощность трансформатора с КПД 96%, если к нему подключено 100 репродукторов, потребляющих ток 0,008 А.
7. Определите угол поворота витка в однородном магнитном поле, зная, что максимальное значение тока  $100\sqrt{2}$  А, а ток в данный момент 100 А.
8. Определите коэффициент трансформации звонкового трансформатора, питаемого сетевым током с напряжением 220 В, если преобразованный ток имеет напряжение 2 В.
9. Первичная обмотка повышающего трансформатора имеет 45 витков, а вторичная 900 витков. Первичная катушка включается в сеть переменного тока с напряжением 120 В. Какое напряжение будет на зажимах вторичной обмотки?
10. Электрическая дуга должна гореть под напряжением **n** В, а в сети 220 В. Сколько витков должна содержать вторичная обмотка, если в первичной обмотке, включенной в сеть, 385 витков?
11. В первичной обмотке повышающего трансформатора **n** витков, во вторичной – 2000 витков. Какое напряжение на зажимах вторичной обмотки можно получить, если включить трансформатор в сеть с напряжением 110 В?
12. Катушка индуктивностью 20 мГн включена в сеть переменного тока с частотой **n** Гц. Определите индуктивное сопротивление катушки.
13. Конденсатор емкостью  $8 \cdot 10^{-4}$  ф включен в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определить силу тока на участке цепи с конденсатором, если сопротивление подводящих проводов **n** Ом, а напряжение на всем участке цепи 12 В.
14. Как изменится индуктивное сопротивление катушки, если ее включить в цепь переменного тока с частотой 10 кГц, вместо 50 Гц?
15. Первичная обмотка трансформатора содержит 800 витков, вторичная 3200. Определите коэффициент трансформации.
16. Катушка индуктивностью **n** Гн, активным сопротивлением 25 Ом включена в сеть промышленного переменного тока со стандартной частотой. Определите ток в катушке, если напряжение на ее вводах 120 В.

### Форма представления результата:

Выполнить задание в тетради для практических работ.

### Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

**Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов**

**Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов**

**Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов**

**Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов**

## **Тема 4.2 Электромагнитные колебания и волны**

### **Практическое занятие №10. Решение задач по теме «Законы Ома, Законы Кирхгофа»**

**Цель:** сформировать понимание роли физики в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач; умения выполнять расчетные и графические задачи, закрепить умения и навыки вычисления силы тока, напряжения, сопротивления по определению и по закону Ома для участка цепи, а также с учетом законов различного соединения проводников.

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР67; ПР63, ПР64

MP8, MP9, MP10, MP21, MP17, MP13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

**Материальное обеспечение:**

индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

**Указание:**

Практическое занятие состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступить к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практического задания отводится два академических часа.

**Задание:**

Ознакомьтесь с теоретическими сведениями

Решите задачи, самостоятельно используя примеры и краткие теоретические сведения.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучите и выпишите формулы по данной теме в виде краткого конспекта
2. Разберите примеры решенных задач
3. Решите самостоятельно задачи

### **Краткие теоретические сведения**

Электрический ток-направленное движение свободных зарядов. Силой тока ( $I$ ) называется величина, численно равная электрическому заряду, проходящему через сечение проводника в единицу времени:  $I = q/t$ ,  $I=n*q*s$

Закон Ома для участка цепи:  $I=U/R$

Формула сопротивления:  $R=\rho*l/S$ , где  $\rho$  - удельное сопротивление, зависящее от рода проводника;  $l$  - длина проводника;  $S$  - площадь сечения.

При последовательном соединении проводников:  $R=R_1+R_2$   $I=I_1=I_2=\text{const}$   $U=U_1+U_2$

При параллельном соединении проводников:  $U=U_1=U_2=\text{const}$   $I=I_1+I_2$   $1/R=1/R_1+1/R_2$ , если  $R_1 \neq R_2$   $R=R_1/N$ , где  $N$ - число одинаковых сопротивлений, т.е.  $R_1=R_2=\dots=R_N$ .

Закон Ома для полной цепи:  $I=\epsilon/R+r$ , где  $\epsilon$  - ЭДС источника тока,  $[\epsilon]=\text{В}$ ,  $R$ -внешнее сопротивление  $[R]=\text{Ом}$ ,  $r$ -внутреннее сопротивление или сопротивление источника тока  $[r]=\text{Ом}$

### **Примеры решения задач**

#### **Сила тока и плотность тока**

1. Определите число  $n$  электронов, которые проходят через поперечное сечение проводника площадью  $S=1\text{мм}^2$  за  $t=2$  мин, если плотность тока в проводнике  $j=150\text{А}/\text{см}^2$

*Дано:*

$$S=1\text{мм}^2=10^{-6}\text{м}^2$$

$$t=2 \text{ мин}=120\text{с}$$

$$j=150\text{А}/\text{см}^2=1,5*10^2\text{А}/\text{м}^2$$

$$n=?$$

*Решение:*

Число электронов, проходящих через поперечное сечение проводника, равно отношению электрического заряда, прошедшего через данное поперечное сечение, к заряду электрона:  $n=Q/e$  (1). Учитывая, что  $Q/t = I=jS$  (2), получим: за время  $t$  через сечение проводника пройдет  $n=jSt/e$ .

$$n=1,5*10^2\text{А}/\text{м}^2*10^{-6}\text{м}^2*120\text{с}/1,6*10^{-19}\text{Кл}=1,2*10^{21}$$

$$\text{Ответ: } 1,2*10^{21}$$

2. Электрическая цепь, состоящая из резисторов  $R_1=100 \text{ Ом}$ ,  $R_2=200 \text{ Ом}$ ,  $R_3=300 \text{ Ом}$ , подключена к двум источникам постоянного напряжения  $U_1$  и  $U_2=100\text{В}$ . При каком напряжение  $U_1$  сила тока  $I_1$  через резистор  $R_1$  будет равна нулю?

*Дано:*

$$R_1=100 \text{ Ом}$$

$$R_2=200 \text{ Ом}$$

$$R_3=300 \text{ Ом}$$

$$U_2=100\text{В}$$

$$I_1=0$$

$$U_1=?$$

*Решение:*

Если через резистор  $R_1$  ток не идет, т.е.  $I_1=0$ , следовательно,  $I_1R_1=0$ . Тогда

напряжение  $U_3$  на резисторе  $R_3$  должно быть равно  $U_1$ , т.е.  $U_3=U_1=I_1R_3$  (1).

В этом случае резисторы  $R_2$  и  $R_3$  включены последовательно. Поэтому

сила тока во всех частях цепи одинакова:  $I_3=I_2=I$ . Падение напряжения

$$U_2=IR_2+IR_3, \text{ откуда следует, что } I=U_2/(R_2+R_3) \text{ (2)}$$

Учитывая, что  $IR_3=U_3=U_1$  имеем,  $U_2=U_2 R_2/R_2+R_3+U_1$ . После преобразования получим  $U_1=R_3/R_2+R_3*U_2$ .  $U_1=300 \text{ Ом}/200 \text{ Ом}+300 \text{ Ом}*100\text{В}=60\text{В}$ .

$$\text{Ответ: } 60\text{В}$$

### Закон Ома для полной цепи

3. Определите силу тока короткого замыкания  $I_{K3}$  батареи, ЭДС которой  $\varepsilon = 15 \text{ В}$ , если при подключении к ней резистора сопротивлением  $R=3 \text{ Ом}$  сила тока в цепи составляет  $I=4\text{А}$

*Дано:*

*Решение:*

$\varepsilon = 15\text{В}$  Силу тока короткого замыкания определяем по формуле  $I_{K3} = \varepsilon/R$  (1), где

$R=3\text{Ом}$   $r$ -внутреннее сопротивление батареи. Согласно закону Ома для полной цепи:

$I=4\text{А}$   $I = \varepsilon - IR - r$ , откуда  $r = \varepsilon - IR/I$  (2). Подставим формулу (2) в формулу (1)

$I_{K3} - ?$   $I_{K3} = \varepsilon/R = \varepsilon I / (\varepsilon - IR)$ .  $I_{K3} = 15\text{В} * 4\text{А} / 15\text{В} - 4\text{А} * 3 \text{ Ом} = 20\text{А}$

$$\text{Ответ: } 20\text{А}$$

ЭДС источника электрической энергии 12 В. Какой физический смысл этого выражения?

### Соединение проводников

4. К сети напряжением  $U=200 \text{ В}$  присоединены два резистора. При их последовательном соединении  $I_1=4,4 \text{ А}$ , а при параллельном -  $I_2= 27,5 \text{ А}$ . Определите сопротивление  $R_1$  и  $R_2$  резисторов.

*Дано:*

$$U=220\text{ В}$$

$$I_1=4,4\text{ А}$$

$$I_2=27,5\text{ А}$$

$$R_1=? \quad R_2=?$$

*Решение:*

При последовательном соединении  $R_{\text{посл}} = R_1 + R_2$ ;  $I_1 = U/R_{\text{посл}}$ , откуда

$$R_{\text{посл}} = U/I_1. \text{ Расчеты: } R_{\text{посл}} = 220\text{ В}/4,4\text{ А} = 50 \Omega.$$

При параллельном соединении:  $R_{\text{парал}} = R_1 * R_2 / (R_1 + R_2)$ ,  $I_2 = U/R_{\text{парал}}$ , откуда

$$R_{\text{парал}} = U/I_2. \text{ Расчеты: } R_{\text{парал}} = 220\text{ В}/27,5\text{ А} = 8 \Omega.$$

$$R_1 * R_2 / R_1 + R_2 = 8 \Omega; R_1 R_2 = 400 \Omega; R_1 + R_2 = 50 \Omega; R_1 R_2 = 400 \Omega;$$

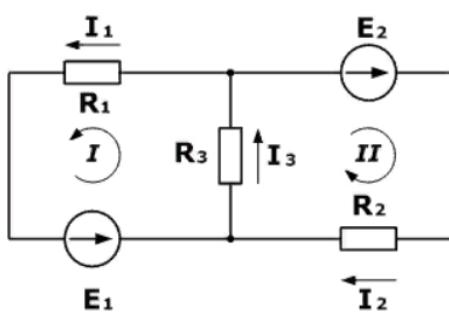
Значит:  $R_1 = 10 \Omega$ ;  $R_2 = 40 \Omega$ .

*Ответ:*  $R_1 = 10 \Omega$ ;  $R_2 = 40 \Omega$

## Правила Кирхгофа

### Примеры решения задач

1. Данна схема, и известны сопротивления резисторов и ЭДС источников. Требуется найти токи в ветвях, используя законы Кирхгофа.



**Дано**

$$R_1 = 100 \Omega$$

$$R_2 = 150 \Omega$$

$$R_3 = 150 \Omega$$

$$E_1 = 75 \text{ В}$$

$$E_2 = 100 \text{ В}$$

**I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub> - ?**

Решение:

Используя первый закон Кирхгофа, можно записать  $n-1$  уравнений для цепи. В нашем случае количество узлов  $n=2$ , а значит нужно составить только одно уравнение.

Напомним, что по первому закону, сумма токов, сходящихся в узле равна нулю. При этом, условно принято считать входящие токи в узел положительными, а выходящими отрицательными. Значит для нашей задачи

$$I_3 - I_1 - I_2 = 0$$

Затем используя второй закон (сумма падений напряжения в независимом контуре равна сумме ЭДС в нем) составим уравнения для первого и второго контуров цепи. Направления обхода выбраны произвольными, при этом если направление тока через резистор совпадает с направлением обхода, берем со знаком плюс, и наоборот если не совпадает, то со знаком минус. Аналогично с источниками ЭДС.

На примере первого контура – ток  $I_1$  и  $I_3$  совпадают с направлением обхода контура (против часовой стрелки), ЭДС  $E_1$  также совпадает, поэтому берем их со знаком плюс.

Уравнения для первого и второго контуров по второму закону будут:

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 = E_1$$

$$R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2$$

Все эти три уравнения образуют систему

$$\begin{cases} R_1 I_1 + R_3 I_3 = E_1 \\ R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2 \\ I_3 - I_1 - I_2 = 0 \end{cases}$$

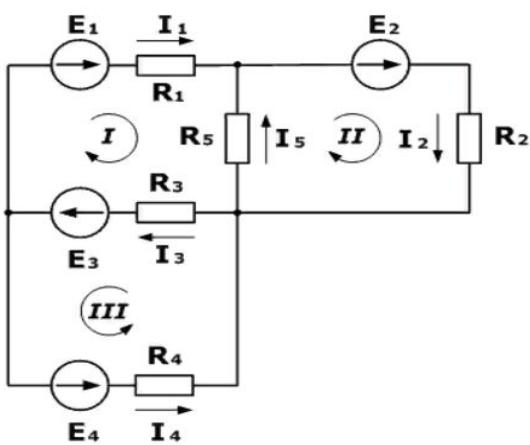
Подставив известные значения и решив данную линейную систему уравнений, найдем токи в ветвях (способ решения может быть любым).

$$\begin{cases} I_1 = 0,143 \\ I_2 = 0,262 \\ I_3 = 0,405 \end{cases}$$

Проверку правильности решения можно осуществить разными способами, но самым надежным является проверка балансом мощностей.

## Задача 2

Зная сопротивления резисторов и ЭДС трех источников найти ЭДС четвертого и токи в ветвях.



<b>Дано</b>
$R_1 = 130 \text{ Ом}$
$R_2 = 100 \text{ Ом}$
$R_3 = 150 \text{ Ом}$
$R_4 = 200 \text{ Ом}$
$R_5 = 80 \text{ Ом}$
$E_1 = 30 \text{ В}$
$E_2 = 60 \text{ В}$
$E_3 = 80 \text{ В}$
$I_5 = 0,206 \text{ А}$
$I_1, I_2, I_3, I_4 - ?$
$E_4 - ?$

Решение:

Как и в предыдущей задаче начнем решение с составления уравнений на основании первого закона Кирхгофа. Количество уравнений  $n-1=2$

$$I_3 - I_1 - I_4 = 0$$

$$I_5 + I_1 - I_2 = 0$$

Затем составляем уравнения по второму закону для трех контуров.

Учитываем направления обхода, как и в предыдущей задаче.

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 - R_5 I_5 = E_1 + E_3$$

$$R_2 I_2 + R_5 I_5 = E_2$$

$$R_3 I_3 + R_4 I_4 = E_3 + E_4$$

На основании этих уравнений составляем систему с 5-ю неизвестными

$$\begin{cases} R_1 I_1 + R_3 I_3 - R_5 I_5 = E_1 + E_3 \\ R_2 I_2 + R_5 I_5 = E_2 \\ R_3 I_3 + R_4 I_4 = E_3 + E_4 \\ I_3 - I_1 - I_4 = 0 \\ I_5 + I_1 - I_2 = 0 \end{cases}$$

Решив эту систему любым удобным способом, найдем неизвестные величины

$$\begin{cases} I_1 = 0,229 \\ I_2 = 0,435 \\ I_3 = 0,645 \\ I_4 = 0,416 \\ E_4 = 100 \end{cases}$$

Для этой задачи выполним проверку с помощью баланса мощностей, при этом сумма мощностей, отданная источниками, должна равняться сумме мощностей, полученных приемниками.

$$I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 = E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3 + E_4 I_4$$

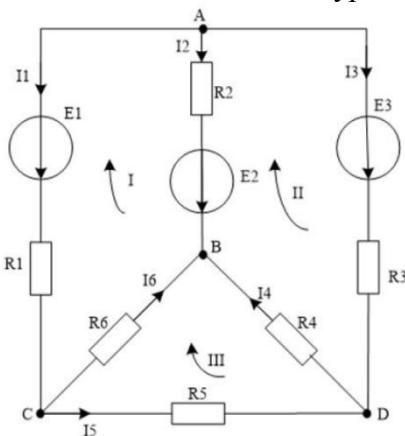
$$126.2 \approx 126.2 \text{ Вт}$$

Баланс мощностей сошелся, а значит токи и ЭДС найдены верно.

### Самостоятельная работа

#### Вариант 1

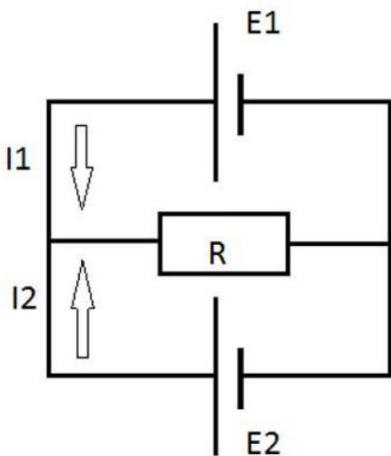
- Через сечение проводника за промежуток времени  $\Delta t=10\text{с}$  проходит заряд  $\Delta Q=25\text{ Кл}$ . Определите силу тока  $I$  в проводнике.
- Напряжение на участке цепи  $U = 5\text{ В}$ , а его электрическое сопротивление  $R = 10\text{ Ом}$ . Определите силу тока  $I$  на этом участке цепи.
- При перемещении заряда  $Q=2\text{Кл}$  внутри источника тока сторонние силы совершают работу  $A=20\text{ Дж}$ . Определите ЭДС источника.
- Как можно получить сопротивления  $R$ , соединяя всеми возможными способами три резистора сопротивлением  $R=6\text{ Ом}$  каждый?
- Необходимо составить уравнения по первому закону Кирхгофа для следующей цепи:



#### Вариант 2

- Сила тока в проводнике  $I = 1,5\text{ А}$ . Определите заряд  $\Delta Q$ , протекающий через сечение проводника за время  $\Delta t=2\text{с}$ .
- Определите напряжение  $U$  на резисторе сопротивлением  $R=10\text{ кОм}$  при силе тока в нем  $I=0,5\text{ мА}$ .
- Сила тока в лампочке карманного фонарика  $I=0,28\text{А}$  при напряжении  $U=3,5\text{В}$ . Определите сопротивление  $R$  нити лампочки.

4. Во сколько сопротивление  $R_1$  при последовательном соединении 10 резисторов ( $n=10$ ) сопротивлением по  $R=10$  Ом больше, чем их сопротивление  $R_2$  при параллельном соединении?
5. Два источника питания  $E_1=2V$  и  $E_2=1V$  соединены по схеме, показанной на рисунке. Сопротивление  $R=5$  Ом. Внутреннее сопротивление источников одинаково и равно  $r_1=r_2=1$  Ом. Определить силу тока, который проходит через сопротивление.



#### **Форма представления результата:**

Выполнить задание в тетради для практических работ.

#### **Критерии оценки:**

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов*

*Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов*

*Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов*

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов*

## **Тема 4.2 Электромагнитные колебания и волны**

### **Практическое занятие № 11 Решение задач по теме: Характеристики ЭМВ**

**Цель:** сформировать понимание роли физики в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач; умения выполнять расчетные и графические задачи, изучить свободные электромагнитные колебания в контуре, виды сопротивления в цепи переменного тока, их отличия и особенности.

#### **Выполнение работы способствует формированию:**

ПР64, ПР63, ПР67

MP8, MP9, MP10, MP21, MP17, MP13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

#### **Материальное обеспечение:**

индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

#### **Указание:**

Практическое занятие состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она

состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практического задания отводится два академических часа.

**Задание:**

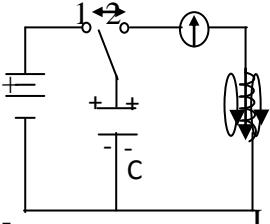
Ознакомьтесь с теоретическими сведениями используя ссылку <https://znanium.com/catalog/product/1012153>, §57 выписав формулы отмеченные скобками , например( 57.1) и т.д.

Решите задачи, самостоятельно используя примеры и краткие теоретические сведения.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучите и выпишите формулы по данной теме в виде краткого конспекта
2. Разберите примеры решенных задач
3. Решите самостоятельно задачи
4. Выполнить тест <https://znanium.com/catalog/product/1012153>, стр 337  
«Электромагнитные волны»

**Электромагнитные колебания**

Определение	Незатухающие колебания, возникающие под действием внешней периодически изменяющейся ЭДС $\varepsilon = \varepsilon_0 \cos \omega t$
Процесс	Процесс, при котором электромагнитное поле периодически изменяется по времени
Условие возникновения колебаний	Последовательное соединение: 1) конденсатора, накапливающего энергию электрического поля; 2) катушки накапливающей энергию магнитного поля; 3) возникновение свободных колебаний в контуре обусловлено явлением самоиндукции
Пример	Электрическая цепь, состоящая из конденсатора и катушки, в которой энергия электрического поля превращается в энергию магнитного поля и обратно
Законы $T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$ – формула Томсона $\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ; $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	 <p>R → Q</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вынужденные колебания. Ключ в «1» – заряжается конденсатор.</li> <li>2. Собственные колебания. Ключ «2» электрическое поле ⇌ магнитное поле. Часть энергии тратится на нагрев проводов R → Q</li> </ol>

	<p>колебания затухающие.</p> <p>Для поддержания незатухающих колебаний переводим ключ «1», затем в «2». Вынужденные – незатухающие колебания</p>
<p>Энергия <math>R_{\text{пр}}=0</math> собственные ЭМК <math>E_{\text{эл}}=E_m; v_0=\text{const}</math></p> $\frac{CU^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$ $CU^2 = LI^2$	<p>Преобразование энергии электрического поля в энергию магнитного поля и наоборот по гармоническому закону <math>E_{\text{эл}} \leftrightarrow E_m</math></p>

### Электромагнитные волны

Электромагнитная волна (ЭМВ) – распространение электромагнитного поля в пространстве с течением времени.

расстояние от радиолокационной станции (РЛС) до объекта:  $\Delta S = \frac{c\Delta t}{2}$ ,

ЭМВ (в зависимости от длины волны  $\lambda$ ) делят на диапазоны:

- |                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1) длинные $\lambda > 1000$ м;       | 3) короткие $10 < \lambda < 100$ м; |
| 2) средние $100 < \lambda < 1000$ м; | 4) ультракороткие $\lambda < 10$ м. |

Скорость волны в среде зависит от электрических и магнитных свойств среды:

$$\vartheta = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}} = \frac{c}{n}; \quad \frac{c}{n} = \sqrt{\epsilon\mu} = n > 1 - \text{оптическая плотность среды}$$

Длина волны  $\lambda = \vartheta * T = \frac{\vartheta}{v}$  в среде; для вакуума:  $\lambda_0 = c * T = \frac{c}{v}$

$$\lambda = \frac{cT}{n} = \frac{c}{vn} = \frac{\lambda_0}{n}; \quad c - \text{скорость ЭМВ в вакууме или в воздухе} - 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

### Примеры решения задач

1. Сила тока в сети изменяется по закону  $i=4,2 \sin\omega t$ . Какое количество теплоты выделит электрокамин за 1 ч работы, если его сопротивление 70 Ом?

Дано:	$Q = I^2 R t$	$I_m = 4,2 \text{ А}$
электрокамин	$i = I_m \sin\omega t$	$I_g = 0,707 \cdot 4,2 = 3 \text{ А}$
$i = 4,2 \sin\omega t$	$I_g = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot I_m$	$Q = 3^2 \cdot 70 \cdot 3,6 \cdot 10^3 \approx 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж} =$
$t = 3,6 \cdot 10^3 \text{ с}$		$= 2,3 \text{ МДж}$
$R = 70 \text{ Ом}$		
$Q = ?$		

2 В установках для электрогидравлической обработки материалов конденсаторы рабочего контура являются емкостными накопителями энергии. Определите наибольшую силу кратковременного тока, возникающего в цепи при прямой разрядке такого конденсатора на проводник, если известно, что занесенная энергия в конденсаторе 10 кДж, индуктивность контура 0,03 мкГн.

Дано: $k$ – контур	$E_{el} = E_M$	$I_{max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^4}{3 \cdot 10^{-8}}} = \sqrt{0,66 \cdot 10^{4+8}}$
$E = 10^4 \text{ Дж}$	$\downarrow$	$= 0,8 \cdot 10^6 = 8 \cdot 10^5 \text{ А}$
$L = 3 \cdot 10^{-8} \text{ Гн}$	$E_{el} = \frac{LI^2}{2}$	
	$\downarrow$	
	$I_{max} = \sqrt{\frac{2E_{el}}{L}}$	
$I_{max} = ?$		

### Решить задачи

(**n** - номер вашего варианта по списку)

- Будут ли настроены в резонанс контуры передатчика и приемника, если их параметры  $C_1 = 200 \text{ ПФ}$ ,  $L_1 = 2 \text{ мГн}$ ;  $C_2 = 100 \text{ ПФ}$ ;  $L_2 = 4 \text{ мГн}$ ?
- Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 5мкФ и катушки индуктивностью 0,2 Гн. Определите максимальную силу тока в конденсаторе, если максимальная разность потенциалов на обкладках конденсатора 90 В. Потерями на нагревание проводов пренебречь.
- ЭДС индукции, возникающая в рамке при вращении ее в однородном магнитном поле, изменяется по закону  $e = 12 \sin 100 \pi t$ . Определите амплитудное и действующее значение ЭДС, период, частоту, мгновенное значение ЭДС при  $t = n \text{ с}$ .
- Магнитный поток в рамке, равномерно вращающейся в однородном магнитном поле, изменяется по закону  $\Phi = 3 \cdot 10^{-2} \cos 157t$ . Найдите зависимость мгновенного значения ЭДС индукции, возникающей в рамке, от времени. Определите максимальное и действующее значение ЭДС, период и частоту тока.

5. В рамке, равномерно вращающейся в однородном магнитном поле, индуцируется ток, мгновенное значение которого выражается формулой
6.  $i = 3 \sin 157t$ . Определите амплитудное, действующее значение тока, мгновенное значение тока при  $0,1\text{ с}$ , период и частоту.
7. Определите максимальное и действующее значение переменной ЭДС, возникающей в рамке при ее равномерном вращении в однородном магнитном поле, если при угле поворота рамки на  $45^\circ$  мгновенное значение ЭДС 156 В.
8. Определите максимальную ЭДС, зная, что при  $30^\circ$  ЭДС индукции 110 В.
9. В колебательном контуре с индуктивностью  $\text{n}$  мГн максимальное напряжение на обмотках конденсатора 200 В. определите период колебаний свободных электронов в контуре, если максимальная сила тока в контуре 0,2 А.
10. Определите силу тока в колебательном контуре в момент полной разрядки конденсатора, если энергия магнитного поля катушки  $4,8 \cdot 10^{-3}$  Дж, а индуктивность 0,24 Гн.
11. Определите энергию электрического поля конденсатора емкостью  $\text{n}$  мкФ, если напряжение на его обкладках 400 В.
12. Определите период и частоту собственных электромагнитных колебаний контура, если его индуктивность 1 мГн, а емкость 100 НФ.
13. Определите силу тока в колебательном контуре в момент полной разрядки конденсатора, если энергия магнитного поля катушки  $\text{n}$  мДж, а индуктивность 0,12 Гн.
14. Индуктивность колебательного контура 500 мкГн, какую емкость следует выбрать, чтобы настроить его на частоту 1 мГц?
15. В установках для электрогидравлической обработки материалов конденсатор рабочего контура является емкостным накопителем энергии. Определите наибольшую силу кратковременного тока, возникающего в цепи при прямой разрядке такого конденсатора на проводник, если известно, что запасенная энергия в конденсаторе 10 кДж, индуктивность контура 0,03 мкГн.
16. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 3 мкФ и катушки индуктивностью  $2 \cdot 10^{-2}$  Гн. Определите собственную частоту электромагнитных колебаний в контуре.
17. В катушке индуктивностью  $\text{n} 10^{-2}$  Гн совершаются электромагнитные колебания с периодом  $10^{-5}$  с. Определите емкость системы.
18. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 0,601 мкФ и катушки с индуктивностью  $10^{-4}$  Гн. Определите период, частоту собственных электромагнитных колебаний контура.
19. Конденсатор емкостью  $3 \cdot 10^{-3}$  мкФ, заряженный до некоторого потенциала, разряжается, затем заряжается через катушку с индуктивностью 1,8 мкГн. Определите период колебаний. Почему каждое последующее колебание дает на обмотках конденсатора меньшую разность потенциалов, чем предыдущее?
20. Определите период и частоту собственных колебаний в контуре при емкости 2,2 мкФ и индуктивности 0,65 мГн.
21. Вычислите частоту собственных колебаний в контуре с сопротивлением 0 Ом, если индуктивность в этом контуре 12 мГн, а емкость 0,88 мкФ. Как изменится частота колебаний, если последовательно включить в контур еще  $\text{n}$  таких же конденсатора?
22. Чему равен период собственных колебаний в контуре с индуктивностью 2,5 мГн и емкостью 1,5 мкФ? Как изменится период колебаний, если параллельно к конденсатору присоединить еще 3 таких же конденсатора?
23. Резонанс в колебательном контуре наступает при частоте 4,2 кГц. Определите индуктивность катушки, если емкость конденсатора 2,2 мкФ.
24. В колебательном контуре с индуктивностью 0,4 Гн и емкостью  $2 \cdot 10^{-5}$  Ф амплитудное значение тока 0,1 А. Каким будет напряжение в конденсаторе в тот момент, когда энергии электрического и магнитного полей будут одинаковы? Колебания контура считать незатухающими.
25. Определить длину волны, если ее фазовая скорость 1500 м/с, а частота колебаний  $\text{n}$  Гц.

26. Какой путь пройдет фаза волнового движения за 0,02с, если частота колебаний 2МГц, а длина волны 150м.
27. Определить частоту излучения ультразвукового генератора, если посылаемый им импульс, содержащий 100 волн, продолжается **п. с**
28. Определить длину волны ультразвукового генератора в алюминии, если частота ультразвука 3МГц, а скорость в алюминии  $5,1 \cdot 10^3$  м/с.
29. Радиопередатчик работает на частоте 6 МГц. Сколько волн находится на расстоянии 100км по направлению распространения радиосигнала?

**Форма представления результата:**

Выполнить задание в тетради для практических работ.

**Критерии оценки:**

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов*

*Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов*

*Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов*

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов*

### **Тема 4.3 Геометрическая оптика**

#### **Практическое занятие № 12 Решение задач по теме: Законы геометрической оптики.**

**Цель:** сформировать понимание роли физики в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач, изучить законы распространения света. Ход лучей. Законы отражения и преломления и применять их при решении

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР64, ПР63, ПР67

МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

**Материальное обеспечение:** тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

**Указание:** Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступить к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа. Порядок выполнения работы

**Порядок выполнения работы:**

1. Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).
2. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

**Ход работы**

**1. Теория.**

**Законы геометрической оптики**

I. *Закон прямолинейного распространения света: свет в однородной среде распространяется прямолинейно.*

Луч – линия, вдоль которой распространяется световая энергия.

*Доказательство:*

- 1) образование теней и полутеней от предметов;
- 2) поглощение света непрозрачными предметами.

$$v_{\text{возд}} = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} = c; v_{\text{H}_2\text{O}} = 2,25 \cdot 10^8 \text{ м/с}; v_{\text{стекло}} = 2 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

**II. Закон независимости световых лучей: лучи при пересечении не возмущают друг друга.**

**III. Закон отражения света.**

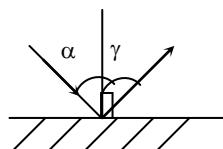


Рис. 12. Падающий и отраженный лучи.

*Угол падения ( $\alpha$ ) (отражения  $\gamma$ )* – угол, образованный *падающим (отраженным)* лучом и *перпендикуляром*, *восстановленным к поверхности в точке падения луча* (рис. 12).

1. *Падающий и отраженный лучи лежат в одной плоскости с перпендикуляром, восстановленным в точке падения луча.*

2. *Угол падения равен углу отражения ( $\alpha = \gamma$ ).*

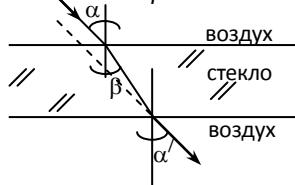
*Следствие: «Обратимость лучей»:* Если падающий луч пустить по направлению отраженного, то новый отраженный луч пойдет по направлению падающего.

Таблица 12

### Отражение

Зеркальное	Диффузное
<p>Зеркальное – отражение при котором отраженные лучи остаются параллельными</p>	<p>Диффузное – отражение, при котором в отраженных лучах нет порядка (матовая поверхность)</p>

**IV. Закон 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.

Рис. 13. Преломление светового луча.

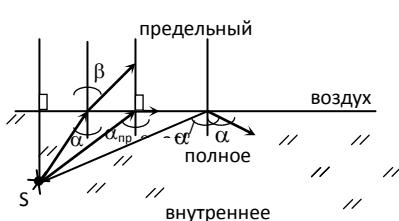
1) *лучи, падающий и преломленный, лежат в одной плоскости с перпендикуляром, восстановленным из точки падения луча к поверхности раздела двух сред;*

2) отношение  $\sin \text{угла падения}$  к  $\sin \text{угла преломления}$  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.

**Полное внутренне отражение** – явление, при котором световое излучение полностью отражается от поверхности раздела прозрачных сред (рис. 14).



- 1) при  $\uparrow \alpha, \beta \uparrow$ ;
- 2)  $\beta = 90^\circ$  – скользит по границе раздела двух сред – *предельный угол*;
- 3)  $\uparrow \alpha, \beta > 90^\circ \Rightarrow \beta$  – полностью отражается по закону отражения.

Рис. 14. Полное внутреннее отражение.

#### Задачи для самостоятельного решения

. Луч света падает на поверхность воды под углом  $40^\circ$ . 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  $50^\circ$ . 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 падания луча света на поверхность подсолнечного масла  $60^\circ$ , а угол преломления  $36^\circ$ . Найти 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 увеличиваются. Каков предельный угол полного внутреннего отражения?

11. Вычислите предельный угол полного внутреннего отражения для алмаза на границе с водой, зная, что абсолютный показатель преломления алмаза 2,417, а воды 1,333.

12. Определите относительный показатель преломления, если угол падения  $30^\circ$ , а преломления  $20^\circ$ .

13. Лучи солнечного света падают на поверхность воды под углом  $74^\circ$ . Под каким, углом к горизонту водолаз, опустившийся в воду, будет видеть солнце?

14. Определите показатель преломления вещества, если предельный угол полного отражения  $42^\circ$ .

15. Луч света падет на плоскопараллельную стеклянную пластинку под углом  $60^\circ$ . Какова толщина пластиинки  $d$ , если при выходе из нее луч сместился на 20 мм?

16. Луч света падает на плоскую стеклянную пластинку толщиной  $d = 3$  см под углом  $70^\circ$ . Определите смещение луча внутри пластиинки. Показатель преломления стекла 1,5.

17. Угол падения светового пучка, идущего из стекла с показателем преломления стекла 1,67 в воду с показателем преломления 1,33, равен  $60^\circ$ . На какой угол отклоняется световой пучок на границе, то же при угле падения  $53^\circ$ ?

18. Монохроматический луч падает нормально на грань призмы, поперечное сечение которой равносторонний треугольник: показатель преломления 1,1. Определите угол отклонения луча при выходе из призмы от его первоначального направления.

#### **Форма представления результата:**

Выполнить задание в тетради для практических работ.

#### **Критерии оценки:**

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов*

*Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов*

*Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов*

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных*

## **Тема 4.4 Волновая оптика**

### **Практическое занятие № 13 Решение задач по теме: Волновые свойства света.**

**Цель:** сформировать понимание роли физики в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач, изучить законы распространения света, как волны и применять их при решении

#### **Выполнение работы способствует формированию:**

ПР64, ПР63, ПР67

МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

**Материальное обеспечение:** тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

**Указание:** Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступить к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа. Порядок выполнения работы

#### **Порядок выполнения работы:**

Изучить краткие теоретические сведения <https://znanium.com/catalog/product/1012153>, выписав формулы с параграфов 65, 66 . отмеченные скобками, например (66.1)

Разобрать примеры решения задач

Ответить на вопросы теста <https://znanium.com/catalog/product/1012153>, к §64,65,66,67.

#### **Примеры решения задач**

1 В воде интерферируют когерентные волны частотой  $5 \cdot 10^{14}$  Гц. Усилился или ослабнет свет в точке, если геометрическая разность хода лучей в ней равна 1,8 мкм? Показатель преломления воды 1,33.

Дано:

2. Когерентн. ист.

$$v = 5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$\Delta S = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$n = 1,33$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$m - ?$$

$$\begin{aligned} \Delta r &= n \cdot \Delta S = \frac{\lambda}{2} \text{ м} = \\ &= \frac{ck}{2v} \quad m = \frac{2vn\Delta S}{c} \end{aligned}$$

$$m = \frac{2 \cdot 1,33 \cdot 5 \cdot 10^{14} \cdot 1,8 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 10^8} =$$

$$= 7,98 \approx 8 - \text{четн. -}$$

max усиление света

2. Определите 4 наименьшие толщины прозрачной пленки с оптической плотностью 1,5, чтобы при освещении их перпендикулярными красными лучами с длиной волны 750 Нм они были видны в отраженном свете красными.

Дано: пленка

$$n = 1,5$$

$$\lambda = 750 \text{ Нм}$$

$$k = 0,1,2,3$$

$$d_0, d_1, d_2,$$

$$d_3 - ?$$

$$\lambda_{\max} = \frac{4dn}{2k+1}$$

$$d = \frac{(2k+1) \cdot \lambda}{4 \cdot n}$$

$$d_0 = \frac{\lambda}{4n}$$

$$d_1 = \frac{3\lambda}{4n} = 3d_0$$

$$d_2 = 5d_0$$

$$d_3 = 7d_0$$

$$d_0 = \frac{750}{4 \cdot 1,5} = \frac{750}{6} = 125 \text{ нм}$$

$$d_1 = 3 \cdot 125 = 375 \text{ нм}$$

$$d_2 = 5d_0 = 625 \text{ нм}$$

$$d_3 = 7d_0 = 875 \text{ нм}$$

3. Световая волна длиной 530 Нм падает перпендикулярно на прозрачную дифракционную решетку, постоянная которой 1,8 мкм. Определите угол дифракции, под которым образуется max наибольшего порядка.

Дано: дифракция

$$\lambda = 530 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$d = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$k = k_{\max}$$

$$\varphi = ?$$

$$\sin \varphi = \frac{k\lambda}{d} \leq 1$$

$$1) \frac{k\lambda}{d} \leq 1; k \leq \frac{d}{\lambda}$$

$$2) \sin \varphi = \frac{k_{\max} \cdot \lambda}{d}$$

$$k \leq \frac{1,8 \cdot 10^{-6}}{530 \cdot 10^{-9}} = \frac{1800}{530} = 3,4$$

$$k_{\max} = 3$$

$$\sin \varphi = \frac{3 \cdot 530 \cdot 10^{-9}}{1,8 \cdot 10^{-6}} = 0,883$$

$$\varphi = 62^\circ$$

### Задачи для самостоятельного решения

1. Какова оптическая разность хода двух когерентных монохроматических волн в веществе с показателем преломления 1,6, если геометрическая разность хода лучей 2,5 см?
2. На тонкую пленку с показателем преломления 1,5 перпендикулярно ее поверхности падает параллельный пучок желтых лучей с длиной волны 600 Нм. При какой наименьшей толщине пленки она в отраженном свете будет казаться желтой?
3. Два когерентных луча с длинами волн 404 Нм пересекаются в одной точке на экране. Что будет наблюдаться в этой точке – усиление или ослабление света, если оптическая разность хода лучей 17,17 мкм?
4. Во сколько раз увеличится расстояние между соседними интерференционными полосами на экране в опыте Юнга, если зеленый светофильтр с длиной волны  $25 \cdot 10^{-5}$  см заменить красным с длиной волны  $6,5 \cdot 10^{-5}$  см?

5. В некоторую точку пространства приходят две когерентные волны с геометрической разностью хода 1,2 мкм, длина которых в вакууме 600 Нм. Определите, что произойдет в этой точке вследствие интерференции в воздухе, в воде (1,33), в стекле (1,5).
6. Разность хода лучей двух когерентных источников света с длиной волны  $6 \cdot 10^{-7}$  м, сходящихся в некоторой точке, равна  $1,5 \cdot 10^{-6}$  м. Усиление или ослабление света будет в этой точке?
7. Если спектры третьего и четвертого порядка при дифракции белого света, нормально падающего на дифракционную решетку, частично перекрываются, то на длину волны 780 Нм спектра третьего порядка накладывается длина волны ... спектра четвертого порядка.
8. Дифракционная решетка имеет 50 штрихов на мм. Под какими углами видны максимумы первого и второго порядков монохроматического излучения с длиной волны 400 Нм?
9. Определите оптическую разность хода волн длиной 540 Нм, прошедших через дифракционную решетку и образовавших максимумы второго порядка.
10. Определите оптическую разность хода волн, прошедших через дифракционную решетку, если максимальное усиление волн видно под углом  $11^0$ . Постоянная решетки 2 мкм.
11. Дифракционная решетка с постоянной 0,004 мм освещается светом с длиной волны 687 Нм. Под каким углом к решетке нужно производить наблюдения, чтобы видеть изображение спектра второго порядка?
12. Определите постоянную дифракционной решетки, если при ее освещении светом с длиной волны 656 Нм спектр второго порядка виден под углом  $15^0$ .
13. Определите длину волны для линии в дифракционном спектре 3-го порядка, совпадающей с линией в спектре четвертого порядка с длиной волны 490 Нм.
- 14.** 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 представления результата:**

Выполнить задание в тетради для практических работ.

#### **Критерии оценки:**

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов*

*Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов*

*Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов*

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов*

## **Раздел 5 Квантовая физика. Астрофизика**

### **Тема 5.1 Квантовая, атомная физика. Строение атома**

#### **Практическое занятие №14 Решение задач по теме: Законы фотоэффекта**

**Цель работы:** сформировать понимание роли физики в формировании кругозора владение основополагающими физическими понятиями, закономерностями, законами и теориями; умения выполнять расчетные и графические задачи

#### **Выполнение работы способствует формированию:**

ПР63; ПР64; ПР67

МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

### **Материальное обеспечение:**

индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

### **Указание:**

Практическое занятие состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступать к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практического задания отводится два академических часа.

### **Задание:**

Ознакомьтесь с теоретическими сведениями

Решите задачи, самостоятельно используя примеры и краткие теоретические сведения.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучите и выпишите формулы по данной теме в виде краткого конспекта
2. Разберите примеры решенных задач
3. Решите самостоятельно задачи
4. Выполнить тест <https://znanium.com/catalog/product/1012153>, стр 346 «Фотоэффект. Формула Планка»

### **Краткие теоретические сведения**

Энергия каждой порции прямо пропорциональна частоте излучения –  $\nu: E=h\nu$  [Дж],

где  $h$  – постоянная Планка,  $h=6,63 \cdot 10^{-34}$  [Дж·с].

Поглотиться может вся порция целиком.

Энергия света  $h\nu$  идет на совершение работы выхода  $A_e$  и на сообщение электрону кинетической энергии –  $\frac{mv^2}{2}$ .  $h\nu=A_e+\frac{mv^2}{2}$ ;  $\frac{mv^2}{2}=E_k$ .

Для каждого вещества фотоэффект наблюдается, если частота  $\nu > \nu_{min} \Rightarrow h\nu > A$ . Предельную частоту  $\nu_{min}$  или  $\lambda_{max}$  называют красной границей фотоэффекта.  $\nu_{min}=\frac{A_e}{h}$ , где  $A_e$  – работа выхода электрона [Дж].  $1\text{эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж.

Фотон обладает порцией энергии:  $E=\frac{hc}{\lambda}=h\nu$ , где  $\nu$  – частота [Гц];

$h$  – постоянная Планка,  $6,63 \cdot 10^{-34}$  [Дж·с].

Масса фотона определяется:  $m=\frac{h\nu}{c^2}$ , где  $c$  – скорость света,  $c=3 \cdot 10^8$  м/с.

Фотон не имеет массы покоя, т.е. не существует в состоянии покоя. Импульс фотона определяется:  $p=mc=\frac{h\nu}{c}=\frac{h}{\lambda}$

### **Применение фотоэффекта**

Свойство фототока заключается в том, что его сила прямо пропорциональна поглощенной энергии света, находит применение в приборах-фотоэлементах, в которых энергия света управляет энергией электрического тока или преобразуется в нее.

Разнообразное применение находит внутренний фотоэффект в полупроводниках. Это явление используется:

1) в фотосопротивлениях – приборах, сопротивление которых зависит от освещенности;

2) в полупроводниках – приборах, преобразующих световую энергию в энергию электрического тока. Такие приборы служат источниками тока. Существуют явления, объясняемые квантовыми свойствами излучения.

1. *Давление света.* Первые опыты были проделаны в 1900 г. русским физиком Лебедевым П.Н. Вычисления Максвелла показали, что на Земле солнечный свет давит на квадратный метр черной поверхности, расположенной перпендикулярно лучам с силой  $4,5 \cdot 10^{-6}$  Н.

2. *Тепловое действие света.* При поглощении излучения телом всегда происходит превращение энергии излучения во внутреннюю энергию тела.

Солнечные лучи приносят ежесекундно 1370 Дж энергии на каждый квадратный метр поперечного сечения Земли.

3. *Химическое действие света.* Химические процессы, происходящие под действием излучения, имеют большое значение в природе, науке и технике:

– фотосинтез;

– способствуют возникновению зрительного ощущения у человека и животных и дают возможность различать цвета;

– получение фотографии.

Химическое действие излучения очень хорошо объясняется квантовой теорией света.

Поглощение фотонов увеличивает энергию молекул происходят химические процессы.

### Примеры решения задач

1. Определите максимальную скорость вылета электронов из калия, работа выхода электронов из которого равна 2,26 эВ, при освещении его ультрафиолетовым излучением с длиной волны 200 нм. Масса электрона  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

Дано:

$$\lambda = 200 \text{ нм}$$

$$A_e = 2,26 \text{ эВ}$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$$

$$v - ?$$

$$v = \sqrt{\frac{2(3 \cdot 10^8 \cdot 6,62 \cdot 10^{-34} - 2 \cdot 10^{-7} \cdot 2,26 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19})}{2 \cdot 10^{-7} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}} = \sqrt{\frac{(19,86 - 7,232) \cdot 10^{-26}}{9,1 \cdot 10^{-38}}} = 1,18 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ:  $v = 1,18 \cdot 10^6$  м/с.

Решение:

Из уравнения Эйнштейна для внешнего фотоэффекта:

$$\frac{ch}{\lambda} = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2(ch - \lambda A_{\text{вых}})}{\lambda m_e}}$$

**Решить задачи самостоятельно**

(**n** - номер вашего варианта по списку)

1. Работа выхода электронов у оксида меди 5,15 эВ. Вызовет ли фотоэффект ультрафиолетовое излучение с частотой  $0,01 \cdot 10^{17}$  Гц?
2. Работа выхода электрона с поверхности цезия равна  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж. С какой скоростью вылетают электроны из цезия, если металл освещен желтым светом с длиной волны  $0,6 \cdot 10^{-6}$  м;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг?
3. Найдите массу и импульс фотонов для инфракрасных ( $\nu = 10^{12}$  Гц) и рентгеновских ( $\nu = 10^{18}$  Гц) лучей.
4. Найдите длину и частоту излучения, масса фотонов которого равна массе покоя электрона ( $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг).
5. Каков импульс фотона, энергия которого равна  $6 \cdot 10^{-19}$  Дж?
6. Определите импульс фотонов рентгеновских лучей  $\lambda = 4 \cdot 10^{-11}$  м.
7. Какова масса фотона, если его энергия равна  $2,76 \cdot 10^{-19}$  Дж.
8. Энергия кванта света равна  $1,98 \cdot 10^{-21}$ . Какое это излучение?
9. Определите энергию фотонов, соответствующих наиболее длинным ( $\lambda = 0,76$  мкм) и наиболее коротким ( $\lambda = 0,4$  мкм) волнам видимой части спектра.
10. Какой частоты свет следует направить на поверхность платины, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была равна **n** км/с работой выхода для платины равна 6,3 эВ?
11. Почему появление фотографических снимков производится при красном свете?
12. Можно ли фотографировать предметы в совершенно темной комнате?
13. Определите импульс фотона видимого света с длиной волны 500 нм.
14. Определите длину волны фотона, импульс которого равен импульсу электрона, пролетевшего ускоряющую разность потенциалов **n** В.
15. Определите энергию излучения, масса фотонов которого равна массе покоя электрона  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.
16. Вычислите энергию фотона видимого света  $\lambda = 0,4$  мкм и сравните ее с энергией фотона ультрафиолетового излучения кварцевой лампы  $\lambda = 0,25$  мкм.
17. При какой длине электромагнитной волны энергия фотона была бы равна  $2,8 \cdot 10^{-19}$  Дж?
18. Определите работу выхода электрона с поверхности цинка, если наибольшая длина волны фотона, вызывающая фотоэффект – 0,3 мкм.
19. Какова максимальная скорость фотоэлектронов, если фототок прекращается при запирающем напряжении 0,6 В ( $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг;  $\bar{e} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл>)?
20. Определите красную границу фотоэффекта для металла с работой выхода **n** эВ.

#### **Форма представления результата:**

Выполнить задание в тетради для практических работ.

#### **Критерии оценки:**

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов*

*Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов*

*Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов*

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов*

**Практическое занятие №15 «Решение задач по теме: Строение атома и атомного ядра.**

**Цель работы:** сформировать понимание роли физики в формировании кругозора владение основополагающими физическими понятиями, закономерностями, законами и теориями; умения выполнять расчетные и графические задачи

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР63; ПР64; ПР67;

MP8, MP9, MP10, MP21, MP17, MP13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

**Материальное обеспечение:**

индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

**Указание:**

Практическое занятие состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступить к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практического задания отводится два академических часа.

**Задание:**

Ознакомьтесь с теоретическими сведениями

Решите задачи, самостоятельно используя примеры и краткие теоретические сведения.

Выполнить тест

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучите краткие теоретические сведения
2. Разберите примеры решенных задач
3. Решите самостоятельно задачи
4. Выполнить тест <https://znanium.com/catalog/product/1012153>, стр 347 «Строение атома и определение его состава по таблице Менделеева», стр 349, « Ядерная реакция. Уравнение ядерной реакции», «Радиоактивность. Ядерные силы» к указанным параграфам

### **Краткие теоретические сведения**

При радиоактивном распаде происходит превращение одного ядра в другое, которое подчиняется правилам смещения, сформулированными Содди:

1.  $\alpha$ -распад:  ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}_2^4He$  – излучение ядер гелия.
2.  $\beta$ -распад:  ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + {}_{-1}^0e$  – излучение электрона.

Строение атомного ядра

*Протонно-нейтронная модель атома* – ядро состоит из нейтронов и протонов, вокруг по орбитам врачаются электроны. Общее название протонов и нейтронов – *нуклоны*.

*Протон* ( $p$ ) имеет положительный заряд, равный заряду электрона и массу покоя  $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}$  кг.

*Нейtron* ( $n$ ) – нейтральная частица с массой покоя  $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27}$  кг.

*Массовое число*  $A$  – общее число нуклонов в атомном ядре, т.е. сумма нейтронов и протонов.

*Зарядовое число*  $Z$  – число протонов в ядре, совпадающее с порядковым номером химического элемента в периодической системе элементов Менделеева.

Атом химического элемента обозначают  ${}_Z^AX$ .

*Например*,  ${}_{92}^{235}U$ , в котором содержится  $Z$  – протонов и электронов, т.е.  $Z = 92$  и  $A$  – массовое число, которое равно 235.  $N$  – протонов, т.е.  $N = A - Z \Rightarrow N = 235 - 92 = 143$ .  $A = Z + N$

**Ядерные силы** – силы, которыми нуклоны удерживаются в ядре. Чтобы разделить ядро на составляющие нуклоны необходимо затратить большую энергию – *энергию атомных ядер* – работа, которую необходимо совершить для разделения ядра на нуклоны.  $E_{ce} = \Delta m c^2$ , где  $\Delta m = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_{ядра}$  – дефект массы.

**Энергетическим выходом ядерной реакции** называют разность энергий покоя ядер и частиц до реакции и после нее, то есть:  $\Delta E = (\Sigma m_i - \Sigma m_f) \cdot c^2$ ,

где  $\Sigma m_i$  – сумма масс частиц до реакции;

$\Sigma m_f$  – сумма масс частиц после реакции.

Если  $\Sigma m_i > \Sigma m_f$ , то реакция идет с выделением энергии, если  $\Sigma m_i < \Sigma m_f$ , то реакция идет с поглощением энергии.

**Ядерная реакция** – превращение атомных ядер при взаимодействии с элементарными частицами.

Ядерные реакции протекают по-разному, т.е. с испусканием различных частиц:  ${}^9Be + {}^4He \rightarrow {}^{12}C + {}^1n$ , Закон сохранения электрических зарядов и массовых чисел: сумма зарядов (массовых чисел) ядер и частиц, вступающих в ядерную реакцию, равна сумме зарядов (массовых чисел) конечных продуктов (ядер и частиц) реакции. Например:  ${}^{27}Al + {}^1n \rightarrow {}^{24}Na + {}^4He$ .

$$Z(\text{до реакции}) = 13 + 0 \quad Z(\text{после реакции}) = 11 + 2$$

$$A(\text{до реакции}) = 27 + 1 \quad A(\text{после реакции}) = 24 + 4$$

### Примеры решения задач

1. Куда смещается полученный элемент в таблице Менделеева в результате пяти  $\alpha$ -распадов?

Дано:  ${}^A_Z X \rightarrow {}^5_2 He + {}^?_Y$  |  $\alpha$ -распад – это поток ядер гелия –  ${}^4_2 He$ , т.к. их 5  $\Rightarrow$

$$Z(5 {}^4_2 He) = 5 \cdot 2 = 10 - \text{заряд}; A(5 {}^4_2 He) = 5 \cdot 4 = 20 - \text{массовое}$$

Ответ: элемент  $Y$  относительно  $X$  смещается на десять клеток к началу таблицы.

5. Закончите ядерную реакцию:  ${}^{10}_5 B + {}^1_0 n \rightarrow {}^? + {}^7_3 Li$ .

По закону сохранения заряда и массы:

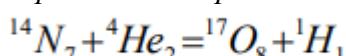
до реакции  $Z = 5 + 0$ ; после реакции  $Z = 5 - 3 = 2$ ;

до реакции  $A = 10 + 1$ ; после реакции  $A = 11 - 7 = 4$ .

Получается элемент с зарядом до реакции  $Z = 2$  и массой  $A = 4 - {}^4_2 He$ .

Ответ:  ${}^{10}_5 B + {}^1_0 n \rightarrow {}^4_2 He + {}^7_3 Li$ .

1. Определите энергетический выход ядерной реакций



#### 1 способ

1) определить массу ядра и частиц  $m1$  до реакций

2) определить массу ядра и частиц  $m2$  после реакций

3) определить изменение массы  $m = m1 - m2$

4) рассчитать изменение энергии:  $E = m * c^2$

$$M_1 = 14,00307 \text{ а.е.м.} + 4,00260 \text{ а.е.м.} = 18,00567 \text{ а.е.м.}$$

После реакции:

$$m_2 = 16,99913 \text{ а.е.м.} + 1,00783 \text{ а.е.м.} = 18,00696 \text{ а.е.м.}$$

$$m = m_1 - m_2 = -0,00129 \text{ а.е.м.}$$

Энергия поглощается, т.к.  $m < 0$

$$E = (-0,00129) * 931 \text{ МэВ.} = -1,2 \text{ МэВ.}$$

#### 2 способ

*Дано:*

$$E_n = 104,653 \text{ МэВ}$$

$$E_{he} = 28,2937 \text{ МэВ}$$

$$E_0 = 131,754 \text{ МэВ}$$

E?

*Решение:*

Энергия связи равна нулю, поэтому

$$E = E_0 - (E_n + E_{he})$$

$$E = 131,754 \text{ МэВ} - (104,653 + 28,2937) \text{ МэВ} = -1,2 \text{ МэВ}$$

*Ответ:* 1,2 МэВ

### Решить задачи самостоятельно

- Каково строение ядра атомов: бора  ${}^5_B$ ; бериллия  ${}^9_4 Be$ ; азота  ${}^{14}_7 N$ ; алюминия  ${}^{26}_{13} Al$ ?
- Чем отличаются ядра изотопов водорода  ${}^1_H$ ,  ${}^2_H$ ,  ${}^3_H$ ? Как они называются?
- Куда смещается элемент Y в результате  $\alpha$ -,  $\beta$ -распада в таблице Менделеева?
  - ${}^A_Z X \rightarrow {}^3_{-1} e + Y$ ;
  - ${}^A_Z X \rightarrow {}^4_2 He + {}^0_{-1} e + Y$ ;
  - ${}^A_Z X \rightarrow {}^2_2 He + {}^3_{-1} e + Y$ ;
  - ${}^A_Z X \rightarrow {}^4_2 He + {}^3_{-1} e + Y$ .
- При бомбардировке изотопа азота  ${}^{14}_7 N$  нейтронами получается изотоп углерода  ${}^{14}_6 C$ , который оказывается  $\beta$ -радиоактивным. Напишите уравнения ядерных реакций.
- В результате захвата нейтрона ядром изотопа азота  ${}^{14}_7 N$  образуется неизвестный элемент и  $\alpha$ -частица. Напишите реакцию и определите неизвестный элемент.
- Найдите продукт реакции при бомбардировке ядер изотопа магния  ${}^{24}_{12} Mg$   $\alpha$ -частицами, если известно, что в этой реакции выделяются нейтроны.
- Запишите схему ядерной реакции и определите неизвестный элемент, образующийся при бомбардировке ядер изотопов алюминия  ${}^{27}_{13} Al$   $\alpha$ -частицами, если известно, что один из продуктов реакции нейtron.
- Элемент курчатовий получили, облучая плутоний  ${}^{242}_{94} Pu$  ядрами неона  ${}^{22}_{10} Ne$ . Напишите реакцию, если известно, что в результате образуется еще четыре нейтрона.
- Напишите недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:
  - ${}^{27}_{13} Al + {}^1_0 n \rightarrow ? + {}^4_2 He$ ;
  - $? + {}^1_1 H \rightarrow {}^{22}_{11} Na + {}^4_2 He$ ;
  - ${}^{55}_{25} Mn + ? \rightarrow {}^{56}_{26} Fe + {}^1_0 n$ ;
  - ${}^{27}_{13} Al + \gamma \rightarrow {}^{26}_{12} Mg + ?$ ;
  - ${}^{10}_5 B + {}^1_0 n \rightarrow ? + \alpha$ ;
  - ${}^{55}_{25} Mn + {}^1_1 p \rightarrow ? + {}^1_0 n$ ;
  - ${}^7_3 Li + {}^4_2 He \rightarrow ? + {}^3_2 He$ ;
  - ${}^2_1 H + \gamma \rightarrow ? + {}^1_0 n$ .
- Протактиний  ${}^{231}_{91} Pa$   $\alpha$ -радиоактивен. Определите, какой элемент получается с помощью этого распада?
- В какой элемент превращается  ${}^{239}_{92} U$  после двух  $\beta$ -распадов и одного  $\alpha$ -распада?
- Ядро изотопа висмута  ${}^{210}_{83} Bi$  получилось из другого ядра после  $\alpha$ -распада и  $\beta$ -распада. Что это за ядро?
- В результате захвата  $\alpha$ -частицы ядром изотопа азота  ${}^{14}_7 N$  образуется неизвестный элемент и протон. Напишите реакцию и определите неизвестный элемент.
- Возможна ли реакция, происходящая при бомбардировке алюминия  $\alpha$ -частицами и сопровождающаяся выбиванием нейтронов, если в результате получается ядро кремния с массовым числом 30?
- При делении ядра  ${}^{235}_{92} U$  выделяется энергия  $3,2 \cdot 10^{-11}$  Дж (200 МэВ). Рассчитайте энергию, которая выделится при сгорании урана количеством вещества 1 моль.
- Определите энергию, выделяющуюся в ходе термоядерной реакции  ${}^1_1 H + {}^3_1 H \rightarrow {}^4_2 He$ .

17. Изотоп гелия  $^3_2He$  получается в результате бомбардировки ядер трития  $^3_1H$  протонами. Найдите энергетический выход этой реакции.

**Форма представления результата:**

Выполнить задание в тетради для практических работ.

**Критерии оценки:**

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов*

*Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов*

*Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов*

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов*

**Практическое занятие №16 по теме «строение Вселенной. Работа со звездной картой»**

**Цель:** познакомиться с подвижной картой звёздного неба, научиться определять условия видимости созвездий, научиться определять координаты звезд по карте

**Выполнение работы способствует формированию:**

Прб3, ПРб4, ПРб7

МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

**Материальное обеспечение:** тетрадь для практических работ, ручка, методические рекомендации по выполнению работы, линейка, карандаш.

**Указание:** Практическая работа состоит из двух частей – теоретической и практической. После изучения теоретического материала можно приступить к выполнению практической части. Она состоит из двух и более задач для самостоятельного выполнения. Не забывайте о правильном оформлении решения. На выполнение практической отводится два академических часа. Порядок выполнения работы

**Порядок выполнения работы:**

1. Воспользуйтесь ссылкой <https://znanium.com/catalog/product/1012153> для изучения §76, 77, 80, 82
2. Рассмотрите теоретический материал по теме и примеры решения задач (смотри методическое пособие).
3. Решите самостоятельную работу. Оформите решение письменно в тетради.

**Ход работы:**

**Теория.**

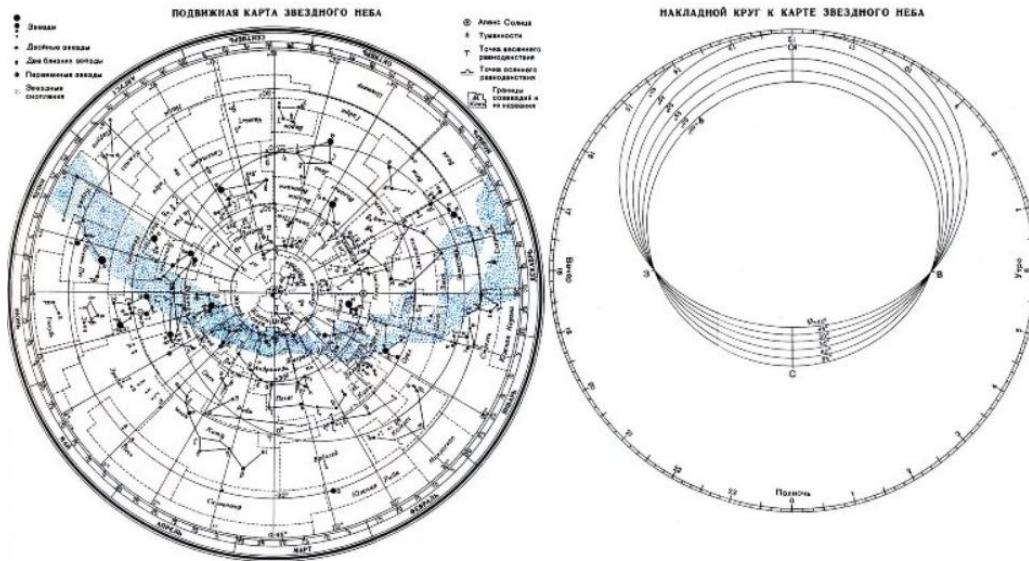
Вид звёздного неба изменяется из-за суточного вращения Земли. Изменение вида звёздного неба в зависимости от времени года происходит вследствие обращения Земли вокруг Солнца. Работа посвящена знакомству со звёздным небом, решению задач на условия видимости созвездий и определении их координат.

Перед началом работы **распечатать подвижную карту звездного неба**, овал накладного круга вырезать по линии, соответствующей географической широте места наблюдения. Линия выреза накладного круга будет изображать линию горизонта. Звёздную карту и накладной круг наклеить на картон. От юга к северу накладного круга натянуть нить, которая покажет направление небесного меридиана.

На карте:

- звёзды показаны чёрными точками, размеры которых характеризуют яркость звёзд;
- туманности обозначены штриховыми линиями;
- северный полюс мира изображён в центре карты;
- линии, исходящие от северного полюса мира, показывают расположение кругов склонения. На звёздной карте для двух ближайших кругов склонения угловое расстояние равно 1 ч;
- небесные параллели нанесены через  $30^\circ$ . С их помощью можно произвести отсчёт склонение светил  $\delta$ ;
- точки пересечения эклиптики с экватором, для которых прямое восхождение 0 и 12 ч., называются точками весеннего  $g$  и  $W$  равноденствий;
- по краю звёздной карты нанесены месяцы и числа, а на накладном круге – часы;
- зенит расположен вблизи центра выреза (в точке пересечения нити, изображающей небесный меридиан с небесной параллелью, склонение которой равно географической широте места наблюдения).

Подвижная карта звёздного неба изображена на рисунке.



**Для определения местоположения небесного светила необходимо месяц, число, указанное на звёздной карте, совместить с часом наблюдения на накладном круге.**

Небесный экватор — большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна оси мира и совпадает с плоскостью земного экватора. Небесный экватор делит небесную сферу на два полушария: северное полушарие, с вершиной в северном полюсе мира, и южное полушарие, с вершиной в южном полюсе мира. Созвездия, через которые проходит небесный экватор, называют экваториальными. Различают созвездия южные и северные.

Созвездия Северного полушария: Большая и Малая Медведицы, Кассиопея, Цефей, Дракон, Лебедь, Лира, Волопас и др.

К южным относятся Южный Крест, Центавр, Муха, Жертвенник, Южный Треугольник.

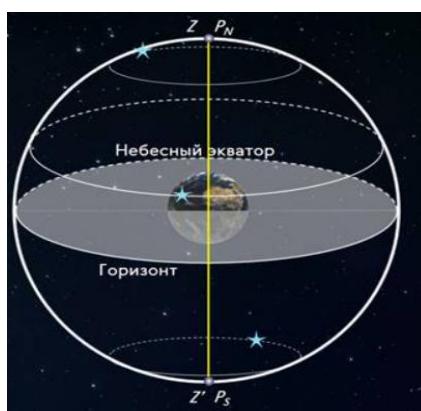
**Полюс мира** — точка на небесной сфере, вокруг которой происходит видимое суточное движение звёзд из-за вращения Земли вокруг своей оси. Направление на Северный полюс мира совпадает с направлением на географический север, а на Южный полюс мира — с направлением на географический юг. Северный полюс мира находится в созвездии Малой Медведицы с полярissимой (видимая яркая звезда, находящаяся на оси вращения Земли) — Полярной звездой, южный — в созвездии Октант.

**Туманность** — участок межзвёздной среды, выделяющийся своим излучением или поглощением излучения на общем фоне неба. Ранее туманностями называли всякий неподвижный на небе протяжённый объект. В 1920-е годы выяснилось, что среди туманностей много галактик (например, Туманность Андромеды). После этого термин «туманность» стал пониматься более узко, в указанном выше смысле. Туманности состоят из пыли, газа и плазмы.

**Эклиптика** — большой круг небесной сферы, по которому происходит видимое годичное движение Солнца. Плоскость эклиптики — плоскость обращения Земли вокруг Солнца (земной орбиты).

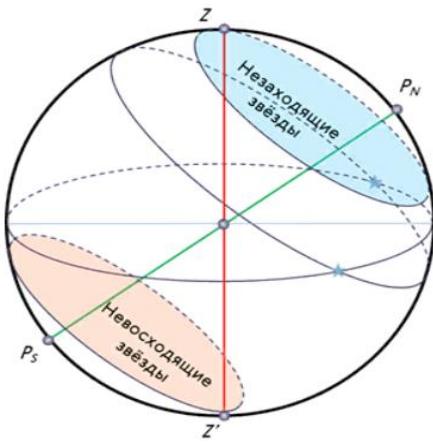
В зависимости от места наблюдателя на Земле меняется вид звездного неба и характер суточного движения звезд. Суточные пути светил на небесной сфере — это окружности, плоскости которых параллельны небесному экватору.

Рассмотрим, как изменяется вид звездного неба на полюсах Земли. Полюс — это такое место на земном шаре, где ось мира совпадает с отвесной линией, а небесный экватор — с горизонтом.



Для наблюдателя, находящегося на Северном полюсе Земли, Полярная звезда будет располагаться в зените, звёзды будут двигаться по кругам, параллельным математическому горизонту, который совпадает с небесным экватором. При этом над горизонтом будут видны все звёзды, склонение которых положительно (на Южном полюсе, наоборот, будут видны все звёзды, склонение которых отрицательно), а их высота в течение суток не будет изменяться.

Переместимся в привычные для нас средние широты. Здесь уже ось мира и небесный экватор наклонены к горизонту. Поэтому и суточные пути звёзд также будут наклонены к горизонту. Следовательно, на средних широтах наблюдатель сможет наблюдать восходящие и заходящие звёзды.

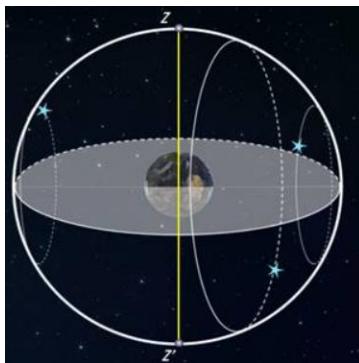


**Под восходом** понимается явление пересечения светилом восточной части истинного горизонта, а **под заходом** — западной части этого горизонта.

Помимо этого, часть звёзд, располагающихся в северных околополярных созвездиях, никогда не будут опускаться за горизонт. Такие звёзды принято называть **незаходящими**.

А звёзды, расположенные около Южного полюса мира для наблюдателя на средних широтах будут являться **невосходящими**.

Отправимся дальше — на экватор, географическая широта которого равна нулю. Здесь ось мира совпадает с полуденной линией (то есть располагается в плоскости горизонта), а небесный экватор проходит через зенит.



Суточные пути всех, без исключения, звёзд перпендикулярны горизонту. Поэтому находясь на экваторе, наблюдатель сможет увидеть все звёзды, которые в течение суток восходят и заходят.

Вообще, для того, чтобы светило восходило и заходило, его склонение по абсолютной величине должно быть меньше, чем  $|\delta| < 90^\circ - \varphi$ .

Если  $|\delta| \geq 90^\circ - \varphi$ , то в Северном полушарии она будет являться незаходящей (для Южного — невосходящей).

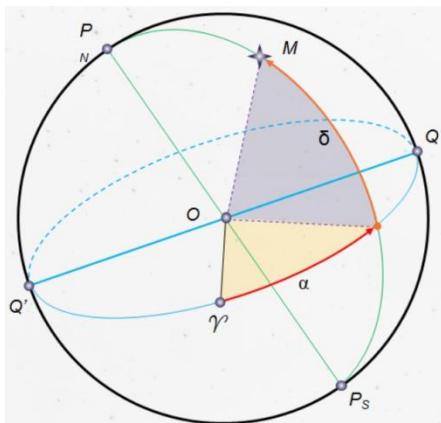
Тогда очевидно, что те светила, склонение которых  $|\delta| \leq 90^\circ - \varphi$ , являются невосходящими для Северного полушария (или незаходящими для Южного).

**Экваториальная система координат** — это система небесных координат, основной плоскостью в которой является плоскость небесного экватора.

**Экваториальные небесные координаты:**

**1. Склонение ( $\delta$ )** — угловое расстояние светила  $M$  от небесного экватора, измеренное вдоль круга склонения. Обычно выражается в градусах, минутах и секундах дуги. Склонение положительно к северу от небесного экватора и отрицательно к югу от него. Объект на небесном экваторе имеет склонение  $0^\circ$ . Склонение северного полюса небесной сферы равно  $+90^\circ$ . Склонение южного полюса равно  $-90^\circ$ .

**2. Прямое восхождение светила ( $\alpha$ )** — угловое расстояние, измеренное вдоль небесного экватора, от точки весеннего равноденствия до точки пересечения небесного экватора с кругом склонения светила.



Последовательность выполнения практической работы:

**Задачи практической работы:**

**Задача 1.** Определите экваториальные координаты Альтаира ( $\alpha$  Орла), Сириуса ( $\alpha$  Большого Пса) и Веги ( $\alpha$  Льры).

**Задача 2.** Используя карту звёздного неба, найдите звезду по её координатам:  $\delta = +35^\circ$ ;  $\alpha = 1\text{ч } 6\text{м}$ .

**Задача 3.** Определите, какой является звезда  $\delta$  Стрельца, для наблюдателя, находящегося на широте  $55^\circ 15'$ . Определить, восходящей или невосходящей является звезда двумя способами: с использованием накладного круга подвижной карты звездного неба и с использованием формул условия видимости звезд.

**Практический способ.** Располагаем подвижный круг на звездной карте и при его вращении определяем, является звезда восходящей или невосходящей.

**Теоретический способ.**

Используем формулы условия видимости звезд:

Если  $|\delta| < 90^\circ - \varphi$ , то звезда является восходящей и заходящей.

Если  $|\delta| \geq 90^\circ - \varphi$ , то звезда в Северном полушарии является незаходящей

Если  $|\delta| \leq 90^\circ - \varphi$ , то звезда в Северном полушарии является невосходящей.

**Задача 4.** Установить подвижную карту звёздного неба на день и час наблюдения и назвать созвездия, расположенные в южной части неба от горизонта до полюса мира; на востоке — от горизонта до полюса мира.

**Задача 5.** Найти созвездия, расположенные между точками запада и севера, 10 октября в 21 час. Проверить правильность определения визуальным наблюдением звёздного неба.

**Задача 6.** Найти на звёздной карте созвездия с обозначенными в них туманностями и проверить, можно ли их наблюдать невооруженным глазом на день и час выполнения лабораторной работы.

**Задача 7.** Определить, будут ли видны созвездия Девы, Рака. Весов в полночь 15 сентября? Какое созвездие в это же время будет находиться вблизи горизонта на севере?

**Задача 8.** Определить, какие из перечисленных созвездий: Малая Медведица, Волопас, Возничий, Орион - для вашей широты будут незаходящими?

**Задача 9.** На карте звёздного неба найти пять любых перечисленных созвездий: Большая Медведица, Малая Медведица, Кассиопея, Андромеда, Пегас, Лебедь, Лира, Геркулес, Северная корона – и определить приближённо небесные координаты (склонение, и прямое восхождение) азёзд этих созвездий.

**Задача 10.** Определить, какие созвездия будут находиться вблизи горизонта на Севере, Юге, Западе и Востоке 5 мая в полночь.

#### **Контрольные вопросы для закрепления теоретического материала к практическому занятию:**

1. Что такое звёздное небо? (Звёздное небо - множество небесных светил, видимых с Земли ночью, на небесном своде. В ясную ночь человек с хорошим зрением увидит на небосводе не более 2—3 тысяч мерцающих точек. Тысячи лет назад древние астрономы разделили звездное небо на двенадцать секторов и придумали им имена и символы, под которыми они известны и поныне.)

2. Что такое созвездия? (Созвездия - участки, на которые разделена небесная сфера для удобства ориентирования на звёздном небе. В древности созвездиями назывались характерные фигуры, образуемые яркими звёздами.)

3. Сколько на сегодняшний день созвездий? (Сегодня есть 88 созвездий. Созвездия различны по занимаемой площади на небесной сфере и количеству звезд в них.)

4. Перечислить основные созвездия или те, которые вы знаете. (Существуют большие созвездия и маленькие. К первым относятся Большая Медведица, Геркулес, Пегас, Водолей, Волопас, Андромеда. Ко вторым - Южный Крест, Хамелеон, Летучая Рыба, Малый Пёс, Райская Птица. Конечно, мы назвали лишь малую толику, наиболее известные.)

5. Что такое карта неба? (Это изображение звёздного неба или его части на плоскости. Карту неба астрономы разделили на 2 части: южную и северную (по аналогии с полушариями Земли).)

6. Что такое небесный экватор? (Большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна оси мира и совпадает с плоскостью земного экватора.)

#### **Форма представления результата:**

Выполнить задание в тетради для практических работ.

#### **Критерии оценки:**

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов*

*Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов*

*Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов*

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов*

# **Лабораторные работы**

## **Тема 1.1 Кинематика**

### **Лабораторное занятие №1 «Определение плотности вещества»**

**Цель:** Экспериментально определить плотности жидкости и твердого тела.

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР64, ПР66, ПР67 ПР68

МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13;

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13.

**Материальное обеспечение:**

весы с разновесами; линейка масштабная; штангенциркуль; мензурка; вещество, плотность которого нужно определить.

**Задание:**

1. Ознакомьтесь с теоретическим материалом по теме.
2. Определите массу и объем исследуемого вещества.
3. Вычислите плотность вещества.
4. Составьте отчет по лабораторной работе.

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомьтесь с теоретическим материалом по данной теме.
1. Определите плотность твердого тела.
2. Вычислите абсолютную и относительную погрешности измерений.
3. Данные занесите в таблицу №1
4. Определите цену деления мензурки.
5. Определите плотность воды необходимо.
6. Вычислите абсолютную и относительную погрешности измерений
7. Результаты опыта занесите в таблицу №2.
8. Ответьте на контрольные вопросы:

#### Контрольные вопросы

1. Из двух разных металлов изготовлены одинаковые по размерам кубики. Взвешивание показало, что масса одного кубика больше массы другого в 2 раза. Однакова ли плотность металла? Если нет, то во сколько раз отличаются плотности?
2. Три детали – медная, железная и алюминиевая – имеют одинаковые объёмы. Какая деталь имеет наименьшую массу, какая наибольшую? Пустот в деталях нет.
3. Кусок металла объемом 150 см<sup>3</sup> имеет массу 750 г. Определите плотность материала.
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. Объем какой из жидкостей больше?
5. Заполните отчет по лабораторной работе согласно требованиям.

**Ход работы:**

**Часть 1.** Для определения плотности твердого тела вычислите его объем.

1. Объем прямоугольного параллелепипеда вычислите по формуле:  $V=a \cdot b \cdot h$ , где  $a$  – длина, м;  $b$  – ширина, м;  $h$  – высота, м.

2. Объем цилиндра вычислите по формуле:  $V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h$ ,  
 h – высота цилиндра, м; d – его диаметр, м.

3. Если твердое тело имеет неправильную форму, то его объем определите с помощью мензурки, в которую он может быть погружен.
4. Уравновесьте весы используя правила взвешивания.
5. Определите массу тела.
6. По формуле  $\rho = m/v$  вычислите плотность твердого тела.
7. Результаты измерений занесите в таблицу №1 и сделайте вычисления

Таблица №1. Результаты измерений.

№	Вещество	ширина, a(м)	длина, b(м)	высота, a, h(м)	объём, V(м³)	масса, m(кг)	плотность $\rho_{пр}(кг/м³)$	$\rho_{таб}$	$\Delta\rho$	$\sigma$

**Часть №2.** Для определения плотности воды необходимо:

1. 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 №2.

Таблица №2. Результаты измерений

№	Вещество	масса тары, m1(кг)	масса жидкости, m2(кг)	объём, V(м³)	плотность $\rho_{пр}(кг/м³)$	$\rho_{таб}$	$\sigma$

#### Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ.

#### Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

Оценка «**отлично**» выставляется за **90 – 100%** правильных ответов

Оценка «**хорошо**» выставляется за **80 – 89%** правильных ответов

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за **60 – 79%** правильных ответов

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за менее **60%** правильных ответов

## **Тема 2.1 Основы молекулярно-кинетической теории и термодинамики. Агрегатные состояния вещества. Фазовые переходы**

### **Лабораторное занятие №2. Определение удельной теплоемкости вещества**

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

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПРБ4, ПРБ6; ПРБ8; ПРБ7

МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13;

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13.

**Материальное обеспечение:** весы оптические на штативе; разновес; исследуемое вещество; калориметр; термометр; электроплитка; сосуд с водой;

#### **Задание**

- Используя термодинамические законы составить уравнение теплового баланса для вычисления необходимой величины.
- Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.
- Ответить на контрольные вопросы
- Написать вывод

***Внимание! При использовании горячих предметов и электрической плитки с осторожностью обращаться с оборудованием.***

Таблица.

1. масса твердого тела, кг	$m_1$	
2. температура тела, °C	$t_1$	
3. масса калориметра, кг	$m_2$	
4. масса воды, кг	$m_3$	
5. температура воды и калориметра, °C	$t_2=t_3$	
6. температура смеси, °C	$\theta$	
7. удельная теплоемкость калориметра, Дж/(кг·°K)	$c_2$	
8. удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·°K)	$c_3$	
9. удельная теплоемкость твердого	$c_1$	

тела, Дж/(кг·°К)		
10. табличное значение удельной теплоемкости твердого тела, Дж/(кг·°К)	с <sub>т</sub>	
11. относительная погрешность, %	δ	

### 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  $t_2=t_3$ ,  $(\theta-t_2)=(\theta-t_3)$

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

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?

### Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ.

### Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильное выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

**Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов**

**Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов**

**Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов**

**Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов**

### Тема 3.2 Постоянный электрический ток

#### Лабораторное занятие №3. Определение удельного сопротивления проводника

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

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР64; ПР66; ПР67; ПР68;

МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

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

**Внимание! При работе с электричеством соблюдайте правила техники безопасности. Для замыкания электрической цепи пригласите преподавателя для ее проверки!**

#### 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:

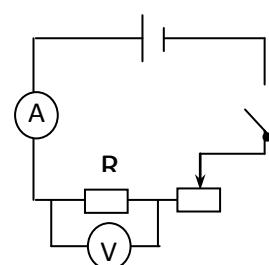
1. Собрать цепь по схеме и показать для проверки руководителю.
2. Замкнуть цепь и снять показания амперметра и вольтметра.
3. Вычислить сопротивление проводника по формуле:

где  $I$  - ток в проводнике, А;  $U$  - падение напряжения на проводнике, В.

4. Измерить длину и вычислить площадь поперечного сечения проводника по формуле:  
, где  $d$  - диаметр проводника.

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, R = \frac{U}{I}$$

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



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

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

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

8. Сделать вывод по работе.

Форма предоставления результата

Таблица 1.

$U, В$	$I, A$	$R, Ом$	$l, м$	$d, м$	$S, м^2$	$\rho, \Omega$	$\rho_{раб}, \Omega \cdot м$	$\Delta, Ом$	$\varepsilon, \%$
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  $0,42 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{м}$ .

**Форма представления результата:**

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ

**Критерии оценки:**

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов*

*Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов*

*Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов*

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов*

**Тема 3.2 Постоянный электрический ток**

**Лабораторное занятие № 4 Проверка закона Ома для участка цепи.**

**Цель работы:** проверить закон Ома экспериментальным путем и установить зависимость силы тока от напряжения и сопротивления на участке цепи.

**Выполнение работы способствует формированию:**  
 ПР64; ПР66; ПР67; ПР68;  
 МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13  
 ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

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

**Внимание!** При работе с электричеством соблюдайте правила техники безопасности. Для замыкания электрической цепи пригласите преподавателя для ее проверки!

**Задание:**

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

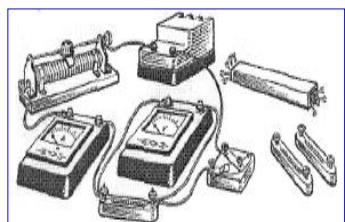
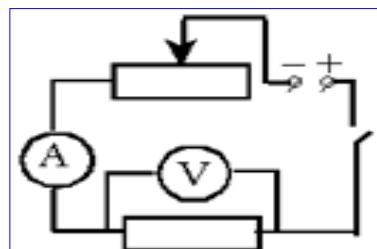
**Порядок выполнения работы**

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



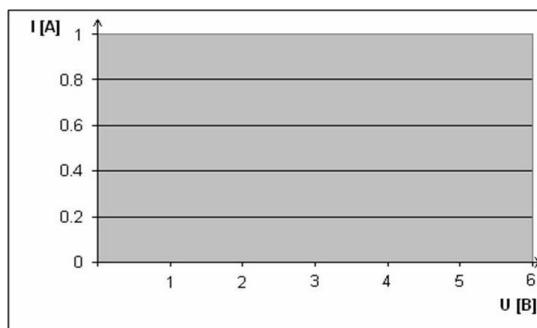
**1 опыт.** Исследование зависимости силы тока от напряжения на данном участке цепи.

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.

Напряжение, $U$ , В			
$I$ , А			
сила тока			

Построить график зависимости силы тока от напряжения



**2 опыт.** 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.

R, Омсопротивление			
I, A			
сила тока			

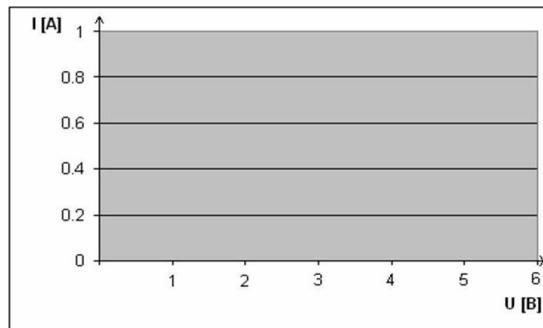


Таблица 2.

Построить график зависимости силы тока от сопротивления

Форма представления результата

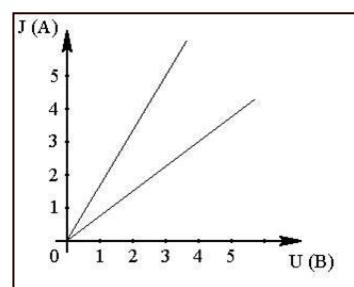
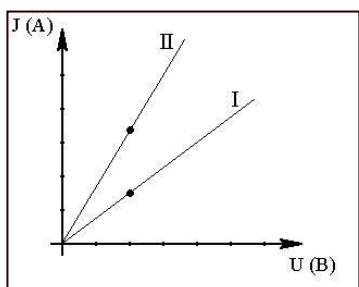
Результаты измерений и вычислений занести в таблицы 1 и 2 с построением соответствующих графиков.

Сделать вывод по работе.

Контрольные вопросы

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

Рис1



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

**Форма представления результата:**

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ

**Критерии оценки:**

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов*

*Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов*

*Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов*

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов*

### Тема 3.2 Постоянный электрический ток

#### Лабораторное занятие №5. Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника электрической энергии. Изучение работы мультиметра.

**Цель:** научиться пользоваться мультиметром для разных режимов работы

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР64; ПР66; ПР67; ПР68

МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

**Материальное обеспечение:** мультиметр, набор резисторов, диоды, триоды, источник тока, реостат, соединительные провода, ключ.

**Инструкция по применению мультиметра**

**Переключатель режима и диапазона измерений.**

Переключатель режима и диапазона измерений используется для включения прибора, а также для выбора желаемого режима работы и предела измерения. Для увеличения срока службы батареи, переводите переключатель в положение «OFF», после выполнения измерений.

**Измерение напряжения постоянного и переменного тока.**

1. Подключите красный разъем в гнездо «VΩmA», черный разъем в гнездо «СОМ»

2. Установите переключатель режима измерений на желаемый диапазон измерения напряжения, в случае если неизвестно примерное значение напряжения, установите переключатель на максимальное значение и снижайте предел измерения до получения оптимального значения.

Режим	Шаг измерения	Погрешность
200 мВ	100 мВ	+0,5 % для 3го знака
2000 мВ	1 мВ	+0,8 % для 2го знака
20 В	10 мВ	

200 В	100 мВ	+1,0 % для 2го знака
-------	--------	----------------------

3. Прикоснитесь пробниками к устройству или точкам электрической схемы, где требуется измерить напряжение.

4. В случае наличия напряжения прибор покажет напряжение и полярность.

#### **Измерение постоянного тока**

1. Подключите красный пробник к разъему «VΩmA». Черный к разъему «COM» (для измерения токов от 200mA до 10 A используйте разъем «10A»)

2 Установите переключатель выбора режима измерений на желаемый предел измерения постоянного тока.

3. Разъедините измеряемую электрическую цепь и подсоедините пробники последовательно с нагрузкой.

4. На дисплее появится значения тока.

6. Разъем «10A» предназначен для нечастого использования. Время измерения не должно превышать 15 секунд, а между измерениями необходимо выдерживать несколько секунд во избежание повреждения прибора.

#### **Измерение сопротивления**

1. Присоедините красный пробник к разъему «VΩmA». Черный к разъему «COM».

2. Установите переключатель выбора режима измерений на желаемый предел измерения сопротивления.

3. Приложите пробники к измеряемому образцу, дисплей отобразит при этом значение сопротивления.

Режим	Множитель	Погрешность
200Ω	0,1	±(1.0% для 10го знака)
2000Ω	1	
20KΩ	10	
200KΩ	100	±(1.0% для 4го знака)
2000KΩ	1000	

#### **Проверка диодов**

1. Подключите красный пробник к разъему «VΩmA», черный к разъему «COM».

2. Установите переключатель выбора режима измерений на значок |диода

3. Соедините красный пробник с анодом (p) тестируемого диода, а черный пробник с катодом (n)

4. Дисплей покажет значение напряжения в мВ. если полярность диода перепутана, дисплей отобразит «1».

#### **Измерение температуры**

1. Присоедините термопару к разъему «VΩmA» и к разъему «COM».

2. Установите переключатель выбора режима измерений на измерение температуры «ТЕМП»

3. Дисплей отобразит значение температуры в градусах Цельсия.

#### **Звуковая прозвонка**

1. Подключите красный пробник к разъему «VΩmA». Черный к разъему «COM».

2. Установите переключатель выбора режима измерений на звонок

3. Присоедините пробники к прозваниваемой схеме, при сопротивлении менее 30 Ом подается звуковой сигнал.

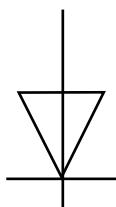
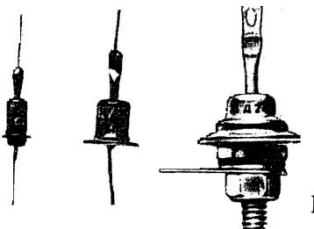
## **Порядок выполнения работы:**

1 Прочтите теоретический материал:

## **Теоретический материал:**

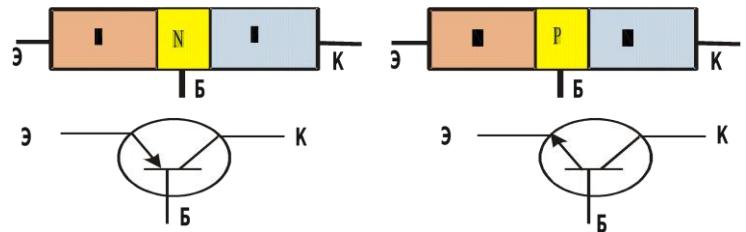
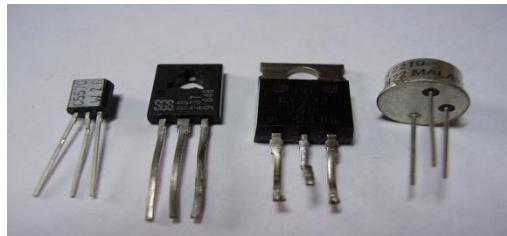
### **Полупроводниковый диод**

Диод содержит р-п-переход, заключенный в герметический корпус и соединенный с металлическими выводами. Вывод от р-области называют анодом, от п-области – катодом.



**Диод-** полупроводниковый прибор, предназначенный для усиления преобразования генерирования электрических колебаний различной частоты.

**Транзистор** состоит из трех областей с различной проводимостью. Различают транзисторы типа р-п-р и п-р-п. Средняя зона называется *базой*. Толщина базы должна быть меньше длины свободного пробега электрона. В транзисторе имеются два р-п-перехода. Левый р-п переход является прямым и отделяет базу от области с проводимостью р-типа, называемую *эмиттером*. В этой области акцепторной примеси в сотни раз больше, чем донорной примеси в базе, т. е. дырок в эмиттере значительно больше, чем электронов в базе. Правый переход является обратным и отделяет базу от области с проводимостью р-типа, называемой *коллектором*.



## **Ход работы:**

1. Изучить инструкцию по эксплуатации прибора.
2. Измерить сопротивления резисторов, данные записать в таблицу

№ п/п	Сопротивление, Ом

3. Собрать цепь по схеме
4. Замкнуть цепь, при неисправности цепи прозвонить цепь, найти неисправность.
5. Измерить напряжение на батарейке и реостате.

6. Разомкнуть цепь. Измерить температуру резистора и реостата.

7. Измерить сопротивление резистора и реостата, данные записать в таблицу

Наименование	Сопротивление, Ом	Напряжение, В	Температура, °C
Резистор			
Реостат			
Источник тока	-----		

8. Повторить теоретический материал по полупроводниковым приборам: диоду и транзистору.

9. Проверить диоды (исправность, полярность).

10. Транзисторы. Определить выводы транзистора (коллектор, база, эмиттер) и тип транзистора (p-n-p) или (n-p-n)

11. Записать вывод по работе, ответив на вопросы.

#### Контрольные вопросы:

1. Как выяснить, что диод неисправен? 2. Как выяснить p- и n- контакты диода?
2. Как определить базу у транзистора.
3. Назовите главные свойства диода и транзистора.
4. Устройство диода и транзистора.

#### Часть 2 «Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока»

**Цель работы:** опытным путем убедиться в появлении индукционного тока и проверить закон Ленца.

**Оборудование:** источник тока, вольтметр, амперметр, реостат, ключ, соединительные провода.

#### Краткая теория:

Полная (замкнутая) электрическая цепь состоит из источника тока с ЭДС  $\varepsilon$  и внутренним сопротивлением  $r$  и потребителя электрического тока с внешним сопротивлением  $R$ . Сила тока в такой цепи определяется законом Ома для полной цепи:  $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$ . При разомкнутом ключе ЭДС источника тока равна напряжению на внешней части цепи.

При изменении сопротивления потребителя электрической энергии изменяется величина силы тока в цепи:

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r} \Rightarrow \varepsilon = I_1 \cdot (R_1 + r) \quad (1)$$

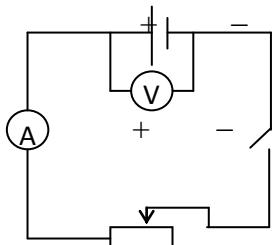
$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2 + r} \Rightarrow \varepsilon = I_2 \cdot (R_2 + r) \quad (2)$$

Левые части уравнений (1) и (2) равны, значит, равны и правые части:

$$I_1(R_1 + r) = I_2(R_2 + r) \Rightarrow r = \frac{I_2 \cdot R_2 - I_1 \cdot R_1}{I_1 - I_2} \quad (3)$$

## Порядок выполнения работы

1. Соберите электрическую цепь по схеме:



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.

5. Изменяя положение движка реостата, повторите измерения (п. 3) еще дважды.

6. Вычислите величину внутреннего сопротивления, используя уравнение (3) и ЭДС, используя уравнение (1).

7. Вычислите средние значения ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока.

1. Результаты измерений и вычислений внесите в таблицу.

№ п/п	$\varepsilon$ , В	$U$ , В	$I$ , А	$R$ , Ом	$r$ , Ом	$r_{cp}$ , Ом	$\varepsilon_{cp}$ , В	$\delta = \frac{\varepsilon - \varepsilon_{cp}}{\varepsilon} \cdot 100\%$
1								
2								
3								

### Контрольные вопросы

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

- Сила тока в цепи равна 0,4 А, внутренне сопротивление источника тока 0,5 Ом, внешнее – 4,5 Ом. Какова ЭДС источника?

### Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ

### Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

Оценка «**отлично**» выставляется за **90 – 100%** правильных ответов

Оценка «**хорошо**» выставляется за **80 – 89%** правильных ответов

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за **60 – 79%** правильных ответов

**Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее **60%** правильных ответов**

## **Тема 3.2 Постоянный электрический ток**

### **Лабораторное занятие № 6. Исследование зависимости мощности потребляемой лампой накаливания от напряжения на ее зажимах. Изучение способа маркировки резисторов.**

**Цель:** исследовать зависимость мощности, потребляемой лампой накаливания от напряжения на ее зажимах. Изучить один из способов маркировки резисторов. определить номинальное сопротивление резисторов методом маркировки; определить допустимое значение силы тока для данных резисторов при известном номинале мощности.

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР64; ПР66; ПР67; ПР68

МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

**Материальное обеспечение:** батарея аккумулятора, электрическая лампочка с патроном, реостат со скользящим контактом, амперметр, вольтметр постоянного тока, соединительные провода, ключ, набор резисторов разных сопротивлений, таблица знаков маркировки.

### **Часть 1**

Задание

1. Выяснить, как зависит мощность электрического тока от напряжения и силы тока в цепи.

2. Экспериментальным путём подтвердить эту зависимость.

3. Построить график зависимости мощности лампы накаливания от напряжения

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.

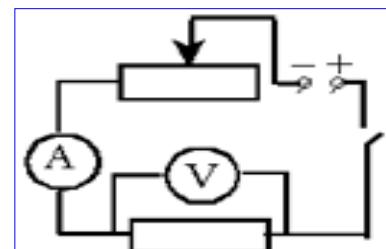
4. Произвести опыт ещё раз, уменьшив напряжение на зажимах.

5. Результаты всех измерений и вычислений записать в таблицу 1.

6. Проанализировать изменение мощности, потребляемой лампой накаливания, при изменении напряжения на её зажимах.

7. Построить график

8. Сделать вывод по работе.



Форма предоставления результата

Таблица 1.

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

3			
---	--	--	--

## Контрольные вопросы

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

## Часть 2:

### Задание

#### 1. Ознакомиться с теоретическим материалом.

#### Теоретический материал:

При определении режима работы резистора следует учитывать **максимально допустимое для него значение силы тока**, которое определяется значением его сопротивления и мощностью.

Маркировка номинала резистора осуществляется цветовым кодом в виде четырех цветных полос, нанесенных на его корпусе.

При этом значение сопротивления резистора указывается в Омах двумя первыми полосами и множителем (третья полоса)  $10^n$ , где  $n$  - любое целое число от - 2 до + 9.

Маркировочные знаки сдвигают к одному из торцов резистора, например, к левому, и затем располагают слева направо в следующем порядке:

первая полоса - первая цифра номинала, вторая полоса - вторая цифра номинала, третья полоса - множитель, четвертая полоса - допуск на отклонение фактического сопротивления от номинала. Если размеры резистора не позволяют разместить цветные полосы несимметрично, т. е. ближе к одному из торцов резистора, то первая полоса выполняется более широкой.

Цвета знаков маркировки номинального сопротивления в Омах и допусков в % приведены в таблице:

Цвет знака	Первая цифра	Вторая цифра	Множитель	Допуск в %
Серебристый	--	--	$10^{-2}$	10
Золотистый	--	--	$10^{-1}$	5

Черный	--	0	1	--
Коричневый	1	1	10	1
Красный	2	2	$10^2$	2
Оранжевый	3	3	$10^3$	--
Желтый	4	4	$10^4$	--
Зеленый	5	5	$10^5$	0,5
Голубой	6	6	$10^6$	0,25
Фиолетовый	7	7	$10^7$	0,1
Серый	8	8	$10^8$	0,05
Белый	9	9	$10^9$	-

### Порядок выполнения работы:

1. Разложить на рабочем столе комплект резисторов.
2. Внимательно прочитать указание к работе.
3. Оформить маркировку резистора в тетради по образцу

7 8  $10^2$  5%  
7,8 к Ом или 7800 Ом 5%

7        8         $10^2$         5%  
 фи оле тов ы      сер ый      кр ас ны й      зо ло ти ст ..

4. Заполнить таблицу:

Резистор	Номинальное сопротивление R	Мощность резистора (Вт)	Сила тока (А)
1.		0,25	
2.		0,25	
3.		0,25	
4.		0,25	
5.		0,25	

6.		0, 25	
7.		0, 25	
8.		0, 25	

5. Рассчитать силу тока при известной мощности тока.

6. Сделать вывод по работе.

#### Контрольные вопросы:

1. В чем заключается метод маркировки.
2. Для чего нужно знать сопротивление резистора при включении его в схему?
3. От чего зависит мощность тока, текущего по резистору?

#### Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ

#### Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов*

*Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов*

*Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов*

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов*

## Тема 3.3 Электрический ток в различных средах

### Лабораторное занятие №7 Исследование зависимости проводника и полупроводника от температуры.

**Цель:** измерять сопротивление проводника омметром; установить зависимость сопротивление металла и полупроводника от температуры.

#### Выполнение работы способствует формированию:

ПР64; ПР66; ПР67; ПР68;

МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

**Материальное обеспечение:** мультиметр, приборы для изучения зависимости сопротивления металла и полупроводника от температуры, термометр, электрическая плитка, штатив с принадлежностями, колба с водой.

#### Задание.

##### 1. Ознакомиться с теоретическим материалом.

##### Теоретический материал:

Если пропустить электрический ток через стальную спираль, а затем ее нагреть, то амперметр покажет уменьшение силы тока. Это означает, что с изменением температуры сопротивление металла меняется.

Все металлы – кристаллические тела, в узлах кристаллической решетки которых располагается положительно заряженные ионы. Между колеблющимися ионами двигаются свободные электроны. Величина электрического сопротивления металла зависит от числа столкновений колеблющихся ионов и свободных электронов. При увеличении температуры металла увеличивается амплитуда колебаний ионов. Это приводит к увеличению столкновений, а значит и к увеличению сопротивления металла.

В полупроводнике при увеличении температуры увеличивается число свободных носителей заряда, появившихся при разрыве ковалентных связей. Это приводит к увеличению силы тока в полупроводнике и к уменьшению сопротивления проводника.

***Внимание! Во избежание падения колбы поместите в кольцо, закрепленное в штативе. В колбу опустите пробирку, с помещенной в ней катушкой из медного провода. Осторожно опустите в пробирку термометр. Аккуратно выполняяте перемещение емкости с горячей водой.***

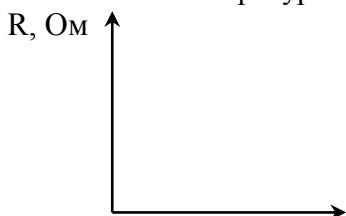
#### **Порядок выполнения работы:**

1. Подготовьте к работе омметр:
  - а) вставьте штырьки проводников в гнезда, обозначенные « $\Omega$ » и «общ СОМ.»;
  - б) поставьте переключатель на цифру «10»;
  - в) соедините свободные штырьки проводников и ручкой «уст. 0» поставить стрелки на «0».
2. На электрическую плитку поместите колбу с водой.
3. Свободные штырьки омметра соедините с клеммами медной катушки.
4. Включите шнур плитки в розетку и измерьте сопротивление катушки при различных значениях температуры.
5. Внесите измерения в таблицу.

#### **Проводник (медь)**

$t^{\circ}$ , С					
$R$ , Ом					

6. На основе измерений постройте график. Сделайте вывод, как сопротивление проводника зависит от температуры.



$t^{\circ}$ , С

7. Поставьте переключатель омметра с цифры «10» на цифру «100» и поставьте стрелку омметра на «0» (См. пункт 1-в).

8. Замените в колбе пробирку с металлом на пробирку с полупроводником (термистором). Опустите в пробирку термометр. К клеммам термистора подсоедините омметр.

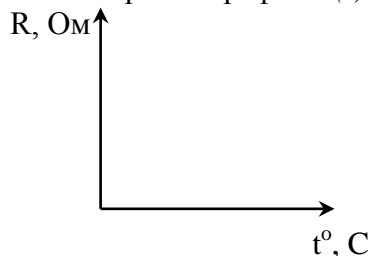
9. Измерьте сопротивление полупроводника при различных значениях температуры.

10. Внесите измерения в таблицу.

#### **Полупроводник**

$t^{\circ}$ С					
$R$ , Ом					

11. Постройте график  $R(t)$ .



12. Сделайте вывод, как сопротивление полупроводника зависит от температуры

#### Контрольные вопросы:

1. Электрический ток в металлах – это упорядоченное движение ...
2. С точки зрения электронной теории электрическое сопротивление обусловлено соударениями ...
3. С повышением температуры сопротивление металла ...

#### Форма представления результата:

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ

#### Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

Оценка «**отлично**» выставляется за **90 – 100%** правильных ответов

Оценка «**хорошо**» выставляется за **80 – 89%** правильных ответов

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за **60 – 79%** правильных ответов

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за менее **60%** правильных ответов

## Тема 4.1 Механические колебания и волны

### Лабораторное занятие №8 Исследование зависимости периода математического и пружинного маятника

**Цель:** установить математическую зависимость периода нитяного маятника от длины нити маятника, установить зависимость периода колебаний пружинного маятника от жесткости пружины и массы груза

**Выполнение работы способствует формированию:**

ПР64, ПР66, ПР67 ПР68

МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13

ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

#### Материальное обеспечение:

электронный секундомер, измерительная лента, шарик с отверстием, нить, штатив с муфтой и кольцом; штатив с муфтой и лапкой, набор пружин разной жесткости, набор грузов разной массы, секундомер

#### Теория.

#### Опыт 1

Математическим маятником называется материальная точка, подвешенная на невесомой и нерастяжимой нити. Моделью может служить тяжелый шарик, размеры которого весьма малы по

сравнению с длинной нити, на которой он подвешен (не сравнимы с расстоянием от центра тяжести до точки подвеса).

Ученые Галилей, Ньютона, Бессель и др. установили следующие законы колебания математического маятника:

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

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

На основании этих законов можно написать формулу для периода колебаний математического маятника:

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

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

Ускорение свободного падения может быть вычислено по формуле

$$g = 4\pi^2 \frac{LN^2}{t^2}$$

### Ход работы:

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

Таблица №1 Зависимость периода маятника от длины нити

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

1. Сделать вывод о зависимости периода нитяного маятника от длины его нити.

### Опыт 2

Зависимость периода пружинного маятника от массы груза

1. Соберите пружинный маятник, используя выданное оборудование.

2. Выведите маятник из положения равновесия, включите секундомер и отсчитайте десять колебаний. Используя показания секундометра, рассчитайте период колебаний и заполните первую строку таблицы.

№ опыта	N	t,с	T,с	m, кг	$m^{1/2}, \text{кг}^{1/2}$	k ,Н/м
1						
2						

3. Повторите эксперимент ещё 2 раза, увеличивая массу, но, не меняя пружины. По полученным данным заполните таблицу.  
 4. Постройте график зависимости периода колебаний (T) от квадратного корня из массы ( $m^{1/2}$ ).  
 5. По форме графика определите вид зависимости между периодом и корнем квадратным из массы.

*Определение зависимости периода колебаний от жёсткости пружины*

1. Соберите пружинный маятник, используя выданное оборудование.  
 2. Выведите маятник из положения равновесия. включите секундомер и отсчитайте десять колебаний.  
 3. Используя показания секундометра, рассчитайте период колебаний и заполните первую строку таблицы.

№ опыта	N	t,с	T,с	m , кг	k,Н/м	$K^{1/2}, (\text{Н}/\text{м})^{1/2}$
1						
2						

4. Повторите эксперимент ещё 2 раза, увеличивая коэффициент жёсткости, но, не меняя массу груза. По полученным данным заполните таблицу.  
 5. Постройте график зависимости периода колебаний (T) от квадратного корня из коэффициента жёсткости. ( $K^{1/2}$ ).  
 6. По форме графика определите вид зависимости между периодом и корнем квадратным из коэффициента жёсткости.  
 7. Сделайте вывод о зависимости периода колебаний от массы груза и коэффициента жёсткости.

#### Контрольные вопросы:

1. В каком положении маятника скорость будет максимальной?
2. В каком положении маятника скорость равна нулю.
3. Увеличили или уменьшили массу груза, подвешенного к пружинному маятнику, если: а) период его колебаний сначала был 0, 4 с, а после изменения массы стал 0, 2 с;  
б) частота его колебаний вначале была равна 6 Гц, а потом уменьшилась до 5 Гц?

#### Контрольные вопросы.

1. Что называют периодом колебаний маятника?
2. Что называют частотой колебаний маятника? Какова единица частоты колебаний?
3. От каких величин и как зависит период колебаний математического маятника?
4. От каких величин и как зависит период колебаний пружинного маятника?
5. Изобразите математический маятник в крайней правой точке и покажите на чертеже силы, действующие на шарик в данной точке траектории. Нарисуйте равнодействующую сил.
6. Как меняется величина и направление равнодействующей сил в течение периода?

### **Форма представления результата:**

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ

### **Критерии оценки:**

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов*

*Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов*

*Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов*

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов*

## **Тема 4.2 Электромагнитные колебания и волны**

### **Лабораторное занятие №9. Изучение устройства трансформатора, генератора**

**Цель:** изучить устройство и принцип работы трансформатора и генератора.

### **Выполнение работы способствует формированию:**

ПР64; ПР66; ПР67; ПР68;  
МР8, МР9, МР10, МР21, МР17, МР13  
ЛР 26, ЛР 14, ЛР 23, ЛР 13

### **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.

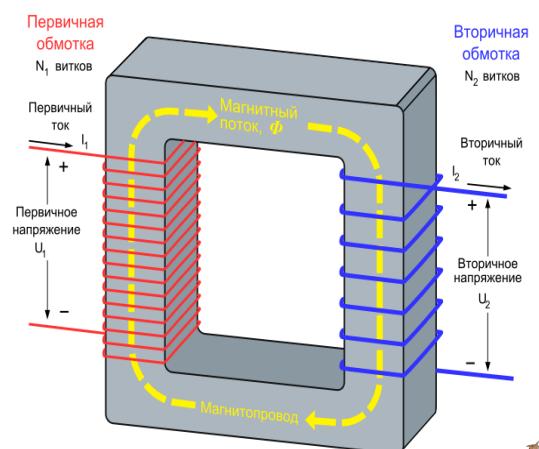
### **Порядок выполнения работы**

#### **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), уменьшающих искрение под щетками.

Якорь имеет сердечник (5), набранный 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 подсоединенны 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.

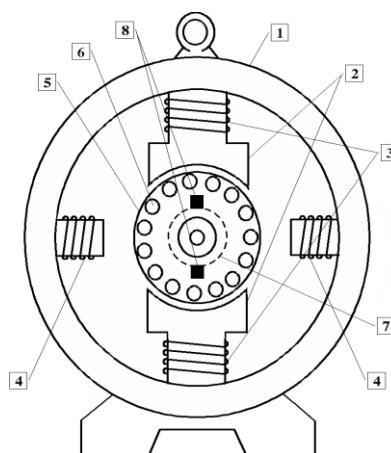
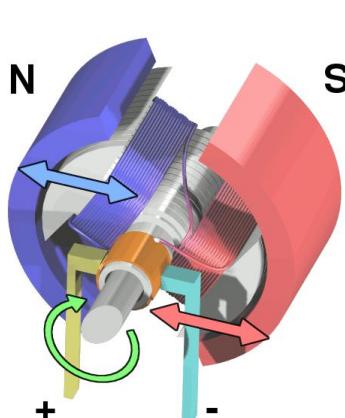


Рис.2

Рис 1

### Ход работы:

- 1.Строение трансформатора:

Начертить составные части указать их название, выписать формулы

- 2 Строение генератора:

начертить, составные части указать

## **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.

#### **Форма представления результата:**

Работа должна быть выполнена в тетради для лабораторных работ

#### **Критерии оценки:**

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.

*Оценка «отлично» выставляется за 90 – 100% правильных ответов*

*Оценка «хорошо» выставляется за 80 – 89% правильных ответов*

*Оценка «удовлетворительно» выставляется за 60 – 79% правильных ответов*

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется за менее 60% правильных ответов*