

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



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

**по учебной дисциплине**

**ПД.03 ФИЗИКА**

**Профиль**

**технологический**

**Форма обучения**

**очная**

Магнитогорск, 2020

**ОДОБРЕНО:**

Предметной комиссией  
Математических и  
естественнонаучных дисциплин  
Председатель Е.С.Корытникова  
Протокол № 7 от 17.02.2020 г.

Методической комиссией

Протокол № 3 от 26 февраля  
2020 г.

**Составитель (и):**

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» МпК Маргарита  
Владимировна Оренбуркина

Методические указания по выполнению практических и лабораторных работ разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Физика». Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на формирование универсальных учебных действий, подготовку обучающихся к освоению программы подготовки специалистов среднего звена.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА .....                      | 5   |
| 2 ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ/ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ..... | 9   |
| 3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ .....                      | 17  |
| Практическое занятие №1 .....                      | 17  |
| Практическое занятие №2 .....                      | 23  |
| Практическое занятие №3 .....                      | 27  |
| Практическое занятие №4,5 .....                    | 33  |
| Практическое занятие №6 .....                      | 39  |
| Практическое занятие №7 .....                      | 46  |
| Практическое занятие №8 .....                      | 50  |
| Практическое занятие № 9 .....                     | 55  |
| Практическое занятие №10 .....                     | 64  |
| Практическое занятие № 11 .....                    | 68  |
| Практическое занятие №12 .....                     | 73  |
| Практическое занятие №13 .....                     | 75  |
| Практическое занятие № 14 .....                    | 85  |
| Практическое занятие № 15,16 .....                 | 90  |
| Практическое занятие №17 .....                     | 98  |
| Практическое занятие №18 .....                     | 104 |
| Практическое занятие №19 .....                     | 108 |
| Практическое занятие №20 .....                     | 112 |
| Лабораторная работа № 1 .....                      | 116 |
| Лабораторная работа №2 .....                       | 120 |
| Лабораторная работа №3 .....                       | 125 |
| Лабораторная работа №4 .....                       | 130 |
| Лабораторная работа №5 .....                       | 133 |
| Лабораторная работа №6 .....                       | 136 |
| Лабораторная работа № 7 .....                      | 139 |
| Лабораторная работа №8 .....                       | 143 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| Лабораторная работа №9 .....  | 146 |
| Лабораторная работа №10 ..... | 148 |
| Лабораторная работа №11 ..... | 151 |
| Лабораторная работа №12 ..... | 153 |
| Лабораторная работа №13 ..... | 157 |
| Лабораторная работа №14 ..... | 161 |
| Лабораторная работа №15 ..... | 164 |
| Лабораторная работа №16 ..... | 168 |
| Лабораторная работа №17 ..... | 172 |
| Лабораторная работа №18 ..... | 174 |
| Лабораторная работа №19 ..... | 178 |

## 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Рабочей программой учебной дисциплины «Физика» предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

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

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование учебных практических умений (умений решать задачи по биохимии, астрономии, математики.), необходимых в последующей учебной деятельности по естественнонаучным и , общепрофессиональным дисциплинам

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

В рамках практического/лабораторного занятия обучающиеся могут выполнять одну или несколько практических/лабораторных работ.

Содержание практических/работ ориентировано на формирование универсальных учебных действий:

### ***Личностных:***

ЛР 4 сформированность мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки и общественной практики, основанного на диалоге культур, а также различных форм общественного сознания, осознание своего места в поликультурном мире;

ЛР 9 готовность и способность к образованию, в том числе самообразованию, на протяжении всей жизни; сознательное отношение к непрерывному образованию как условию успешной профессиональной и общественной деятельности;

ЛР 13 осознанный выбор будущей профессии и возможностей реализации собственных жизненных планов; отношение к профессиональной деятельности как возможности участия в решении личных, общественных, государственных, общенациональных проблем.

***Метапредметных:***

МР 1 умение самостоятельно определять цели деятельности и составлять планы деятельности; самостоятельно осуществлять, контролировать и корректировать деятельность; использовать все возможные ресурсы для достижения поставленных целей и реализации планов деятельности; выбирать успешные стратегии в различных ситуациях;

МР 3 владение навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности, навыками разрешения проблем; способность и готовность к самостоятельному поиску методов решения практических задач, применению различных методов познания;

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

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

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

В результате их выполнения должны быть сформированы предметные результаты:

ПР1 сформированность представлений о роли и месте физики в современной научной картине мира; понимание физической сущности наблюдаемых во Вселенной явлений; понимание роли физики в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач;

ПР2 владение основополагающими физическими понятиями, закономерностями, законами и теориями; уверенное пользование физической терминологией и символикой;

ПР3 владение основными методами научного познания, используемыми в физике: наблюдение, описание, измерение, эксперимент; умения обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы;

ПР4 сформированность умения решать физические задачи;

ПР5 сформированность умения применять полученные знания для объяснения условий протекания физических явлений в природе и для принятия практических решений в повседневной жизни;

ПР6 сформированность собственной позиции по отношению к физической информации, получаемой из разных источников;

ПР7 сформированность системы знаний об общих физических закономерностях, законах, теориях, представлений о действии во Вселенной физических законов, открытых в земных условиях;

ПР8 сформированность умения исследовать и анализировать разнообразные физические явления и свойства объектов, объяснять принципы работы и характеристики приборов и устройств, объяснять связь основных космических объектов с геофизическими явлениями;

ПР9 владение умениями выдвигать гипотезы на основе знания основополагающих физических закономерностей и законов, проверять их экспериментальными средствами, формулируя цель исследования;

ПР10 владение методами самостоятельного планирования и проведения физических экспериментов, описания и анализа

полученной измерительной информации, определения достоверности полученного результата;

ПР11 сформированность умений прогнозировать, анализировать и оценивать последствия бытовой и производственной деятельности человека, связанной с физическими процессами, с позиций экологической безопасности.

Выполнение практических/лабораторных работ по учебной дисциплине «Наименование» 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/лабораторные занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для выполнения практических работ.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ/ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

| Содержание обучения | Темы практических/лабораторных занятий                                       | Количество часов | Планируемые результаты освоения <sup>1</sup>         |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------|
| Введение            | ....                                                                         |                  |                                                      |
| Раздел 1. Механика  |                                                                              | <b>14</b>        | <b><i>ЛР4, МР3, МР4, ПР1, ПР2, ПР3, ПР4, ПР9</i></b> |
| 1.1<br>Кинематика.  | Практическое занятие №1<br>Решение задач по теме «Кинематика»                | 2                | <i>ЛР4, МР4, ПР1, ПР4</i>                            |
| 1.2<br>Кинематика   | Практическое занятие №2<br>Решение задач на параметры вращательного движения | 2                | <i>ЛР4, МР4, ПР1, ПР4</i>                            |
| 1.3<br>Кинематика   | Лабораторная работа № 1<br>«Определение плотности вещества»                  | 2                | <i>ЛР4, МР4, ПР1, ПР4</i>                            |

|                                            |                                                                                                |    |                                                                          |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------------------------------------------------------|
| 1.4. Законы механики Ньютона               | Практическое занятие №3<br>Решение задач на Законы Ньютона                                     | 2  | <i>ЛР4, МР3, ПР2, ПР4, ПР9</i>                                           |
| 1.5. Законы сохранения в механике          | Практическое занятие №4,5<br>Законы сохранения.<br>Работа и энергия.                           | 4  | <i>ЛР4, МР3, МР9, ПР1-ПР4</i>                                            |
| 1.6 Законы сохранения в механике           | Лабораторная работа №2<br>«Изучение закона сохранения механической энергии»                    | 2  | <i>ЛР4, МР3, МР9, ПР1-ПР4</i>                                            |
| Раздел 2 Основы МКТ и термодинамики        |                                                                                                | 15 | <i>ЛР4, ЛР9, МР3, МР4, МР9, ПР2, ПР3, ПР4, ПР7, ПР8, ПР9, ПР10, ПР11</i> |
| 2.1 Основы молекулярно-кинетической теории | Практическое занятие №6<br>Решение задач по теме «Основы молекулярно-кинетической теории».     | 2  | <i>ЛР9, МР3, МР4, ПР2, ПР3, ПР4, ПР8</i>                                 |
| 2.2 Основы молекулярно-кинетической теории | Практическое занятие №7<br>«Решение задач на уравнение состояния идеального газа, изопроцессы» | 2  | <i>ЛР9, МР3, МР4, ПР2, ПР3, ПР4, ПР8</i>                                 |

|                                            |                                                                               |    |                                                                  |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------|
| 2.3 Основы молекулярно-кинетической теории | Лабораторная работа №3<br>Проверка газовых законов: закона Бойля-Мариотта     | 3  | <i>ЛР9, МР3, МР4, ПР2, ПР3, ПР4, ПР8</i>                         |
| 2.4 Свойства паров и твердых тел           | Лабораторная работа №4<br>Наблюдение роста кристаллов из раствора.            | 2  | <i>ЛР9, МР3, ПР3, ПР7, ПР8, ПР9, ПР10</i>                        |
| 2.5 Свойства паров и твердых тел           | Лабораторная работа №5<br>Измерение влажности воздуха                         | 2  | <i>ЛР9, МР3, ПР3, ПР7, ПР8, ПР9, ПР10</i>                        |
| 2.6 Свойства паров и твердых тел           | Лабораторная работа №6<br>Определение удельной теплоемкости твердого вещества | 2  | <i>ЛР9, МР3, ПР3, ПР7, ПР8, ПР9, ПР10</i>                        |
| 2.7 Основы термодинамик и                  | Практическое занятие №8<br>Решение задач по теме «Основы термодинамики»       | 2  | <i>ЛР4, МР3, МР9, ПР2, ПР3, ПР4, ПР11</i>                        |
| Раздел 3 Электродинамика                   |                                                                               | 24 | <i><b>ЛР13, МР3, МР4, МР5, ПР4, ПР5, ПР6, ПР7, ПР8, ПР11</b></i> |

|                             |                                                                              |   |                                      |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------|
| 3.1<br>Электрическое поле   | Практическое занятие №9<br>Решение задач по теме «Электростатика»            | 2 | <i>ЛР13, МР4, МР5, ПР4, ПР6, ПР7</i> |
| 3.2 Законы постоянного тока | Практическое занятие №10<br>Решение задач по теме «Законы Ома»               | 2 | <i>ЛР13, МР3, МР4, ПР4, ПР5, ПР8</i> |
| 3.3 Законы постоянного тока | Практическое занятие №11<br>«Решение задач на законы соединения проводников» | 2 | <i>ЛР13, МР3, МР4, ПР4, ПР5, ПР8</i> |
| 3.4 Законы постоянного тока | Практическое занятие №12<br>Решение задач на формулы работы и мощности тока  | 2 | <i>ЛР13, МР3, МР4, ПР4, ПР5, ПР8</i> |
| 3.5 Законы постоянного тока | Лабораторная работа №7<br>Проверка закона Ома для участка цепи.              | 2 | <i>ЛР13, МР3, МР4, ПР4, ПР5, ПР8</i> |
| 3.6 Законы постоянного тока | Лабораторная работа №8<br>Определение удельного сопротивления проводника     | 2 | <i>ЛР13, МР3, МР4, ПР4, ПР5, ПР8</i> |
| 3.7 Законы постоянного тока | Лабораторная работа №9<br>Опытная проверка закономерностей параллельного     | 2 | <i>ЛР13, МР3, МР4, ПР4, ПР5, ПР8</i> |

|                                           |                                                                                                                           |    |                                       |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------------------------------------|
|                                           | соединения проводников                                                                                                    |    |                                       |
| 3.8 Законы постоянного тока               | Лабораторная работа №10<br>Исследование зависимости мощности, потребляемой лампой накаливания от напряжения на ее зажимах | 2  | <i>ЛР13, МР3, МР4, ПР4, ПР5, ПР8</i>  |
| 3.9 Законы постоянного тока               | Лабораторная работа №11<br>Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока.                                    | 2  | <i>ЛР13, МР3, МР4, ПР4, ПР5, ПР8</i>  |
| 3.10 Электрический ток в различных средах | Лабораторная работа №12<br>Определение электрохимического эквивалента меди                                                | 2  | <i>ЛР13, МР3, МР4, ПР4, ПР5, ПР11</i> |
| 3.11 Электрический ток в различных средах | Лабораторная работа №13<br>Изучение электрических свойств полупроводников                                                 | 2  | <i>ЛР13, МР3, МР4, ПР4, ПР5, ПР11</i> |
| 3.12 Электромагнитная индукция            | Практическое занятие №13 Магнитное поле, Электромагнитная индукция.                                                       | 2  | <i>ЛР13, МР1, ПР4, ПР11, ПР6</i>      |
| Раздел 4                                  |                                                                                                                           | 12 | <i>ЛР4,</i>                           |

|                                                     |                                                                                                                     |   |                                                                   |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------|
| Колебания и волны                                   |                                                                                                                     |   | <b><i>ЛР13,<br/>МР3, МР4,<br/>ПР1, ПР2,<br/>ПР4,<br/>ПР10</i></b> |
| 4.1<br>Механически<br>е колебания и<br>волны        | Практическое занятие №<br>14.<br>Решение задач на<br>параметры<br>колебательного<br>движения.                       | 2 | <i>ЛР13,<br/>МР3, ПР1,<br/>ПР2, ПР4</i>                           |
| 4.2<br>Механически<br>е колебания и<br>волны        | Лабораторная работа<br>№14<br>Изучение зависимости<br>периода колебаний<br>математического<br>маятника от его длины | 2 | <i>ЛР13,<br/>МР3, ПР1,<br/>ПР2, ПР4</i>                           |
| 4.3<br>Электромагни<br>тные<br>колебания и<br>волны | Практическое занятие №<br>15,16<br>Решение задач по теме<br>«Переменный ток»                                        | 4 | <i>ЛР13,<br/>МР3, МР4,<br/>ПР1, ПР2,<br/>ПР4, ПР10</i>            |
| 4.4<br>Электромагни<br>тные<br>колебания и<br>волны | Практическое занятие<br>№17<br>«Электромагнитные<br>колебания и<br>волны», формула Томсона»                         | 2 | <i>ЛР13,<br/>МР3, МР4,<br/>ПР1, ПР2,<br/>ПР4, ПР10</i>            |
| 4.5<br>Электромагни<br>тные<br>колебания и<br>волны | Лабораторная работа<br>№15<br>Изучение устройства<br>трансформатора,<br>генератора.                                 | 2 | <i>ЛР13,<br/>МР3, МР4,<br/>ПР1, ПР2,<br/>ПР4, ПР10</i>            |

|                                               |                                                                                             |    |                                             |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------------------------------------------|
|                                               |                                                                                             |    |                                             |
| Раздел 5. Оптика                              |                                                                                             | 10 | <i>ЛР4, МР3,<br/>ПР1, ПР2,<br/>ПР4, ПР8</i> |
| 5.1 Природа света.<br>Волновые свойства света | Лабораторная работа №16<br>Определение показателя преломления стекла                        | 2  | <i>ЛР4, МР3,<br/>ПР1, ПР2,<br/>ПР4, ПР8</i> |
| 5.2 Природа света.<br>Волновые свойства света | Лабораторная работа №17<br>Наблюдение интерференции и дифракции света                       | 2  | <i>ЛР4, МР3,<br/>ПР1, ПР2,<br/>ПР4, ПР8</i> |
| 5.3 Природа света.<br>Волновые свойства       | Лабораторная работа №18<br>Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки | 2  | <i>ЛР4, МР3,<br/>ПР1, ПР2,<br/>ПР4, ПР8</i> |
| 5.4 Природа света.<br>Волновые свойства света | Лабораторная работа №19<br>Наблюдение сплошного и линейчатого спектров                      | 2  | <i>ЛР4, МР3,<br/>ПР1, ПР2,<br/>ПР4, ПР8</i> |
| 5.5 Природа света.<br>Волновые свойства света | Практическое занятие №18<br>Решение задач с использованием формулы дифракционной решётки    | 2  | <i>ЛР4, МР3,<br/>ПР1, ПР2,<br/>ПР4, ПР8</i> |

|                                  |                                                                                          |           |                                                         |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------|
| Раздел 6 Квантовая оптика        |                                                                                          | 3         | <i><b>ЛР4, МР9,<br/>ПР2, ПР4,<br/>ПР6,<br/>ПР11</b></i> |
| 6.1 Квантовая оптика             | Практическое занятие №19<br>Решение задач по теме «Законы фотоэффекта»                   | 2         | <i><b>ЛР4, МР9,<br/>ПР2, ПР4,<br/>ПР6, ПР11</b></i>     |
| 6.2 Физика атома и атомного ядра | Практическое занятие №20 Решение задач по теме «Радиоактивность. Запись ядерных реакций» | 1         | <i><b>ЛР4, МР9,<br/>ПР6, ПР11</b></i>                   |
| <b>ИТОГО</b>                     |                                                                                          | <b>78</b> |                                                         |

### 3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

#### Тема 1.1 Кинематика.

#### **Практическое занятие №1**

#### Решение задач по теме «Кинематика»

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- различать виды механического движения
- рассчитывать параметры движения
- записывать уравнения движения

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

Задание

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

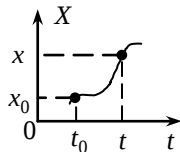
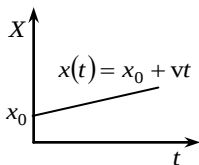
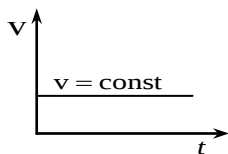
Краткие теоретические сведения

Одномерное движение. Движение с постоянной скоростью.

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

Средняя скорость

$$v_{cp} = \frac{\Delta x}{\Delta t}, \quad x(t) = x_0 + v\Delta t$$



### Движение с переменной скоростью. Ускорение

Если тело движется направлением переменной скоростью  $v(t)$ , то, и  $v(t)$  имеют вид:

При этом говорят, что тело движется с ускорением.

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

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

среднее ускорение:  $\vec{a}_{cp} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$   $[a] = 1 \frac{м}{с^2}$ . Из

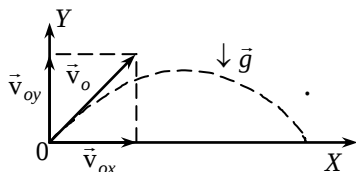
$$a = \frac{v - v_0}{\Delta t} \Rightarrow v = v_0 + a\Delta t \quad \text{или} \quad v(t) = v_0 + a\Delta t$$

$x(t) = x_0 + v_0\Delta t + \frac{a\Delta t^2}{2}$  Если  $\vec{v}_0$  и  $\vec{a}$  сонаправлены, то скорость движения тела возрастает,  $a$  имеет знак «+»; в противном случае скорость уменьшается и  $a$  имеет знак «-».

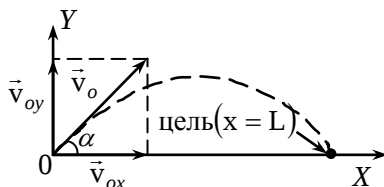
Если время движения  $\Delta t$  неизвестно, то  $x(t) = x_0 + \frac{v^2(t) - v_0^2}{2a}$ .

Многомерное движение. Движение тела, брошенного под углом к горизонту

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



$$y = -\frac{g}{2 \cdot v_{0x}^2} \cdot x^2 + \frac{v_{0y}}{v_{0x}} \cdot x$$



### Порядок выполнения работы

1. Повторить основные вопросы кинематики
2. Решить задачи по вариантам, используя таблицу 1

#### Виды механического движения тел

Траектория – линия, описываемая движущимся телом.

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

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

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

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

Материальная точка – тело, размерами которого можно пренебречь.

В условии некоторых задач отсутствуют цифры. Значения физических параметров этих задач необходимо брать из

таблицы 1: по вертикальной строке указан номер варианта, по горизонтальной – номер задачи.

1. Движение тела задано уравнением. Определите начальную координату, начальную скорость и ускорение при движении.
2. Автобус и троллейбус движутся в одном направлении. Определите их относительную скорость, если скорость троллейбуса 10 км/ч, а автобуса 40 км/ч. Решите эту задачу и при условии, что они движутся в противоположных направлениях.
3. Троллейбус, трогаясь с места, движется с постоянным ускорением  $a$ . Через сколько времени он приобретет скорость  $V$ ?
4. Какую скорость развивает автомобиль «Волга» за время  $\Delta t$  после начала движения, если он едет с ускорением  $a$ ? Какой путь он проходит за это время?
5. Привести примеры тел, находящихся в покое. Действие каких тел компенсируется в этих случаях? (3 примера; действующие силы изобразить на рисунке).
6. В движущемся вагоне пассажирского поезда на столе лежит книга. В покое или движении находится книга относительно : а) стола; б) рельсов; в) пола вагона; г) телеграфных столбов?
7. Конькобежец пробежал на стадионе полкруга радиусом  $R$ . Определить пройденный им путь и перемещение. Чему будут равны путь и перемещение конькобежца, когда он пробежит полный круг?
8. Трамвай двигался равномерно прямолинейно со скоростью  $V$ , а в процессе торможения – равноускоренно с ускорением  $a$ . Определите время торможения и тормозной путь трамвая. Постройте графики скорости  $V(t)$  и ускорения  $a(t)$ .
9. С каким ускорением двигался автомобиль, если на пути  $S$  его скорость возросла от 36 до 72 км/ч?
10. а) Какому виду движения соответствует каждый график на рис.1? С какой скоростью двигалось тело, для которого зависимость пути от времени изображается графиками I, II, III? Записать уравнение движения для графиков I, II.

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

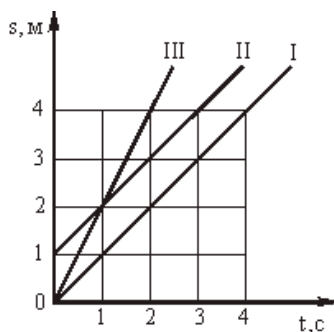


Таблица 1.

| № задачи   | 1                 | 3                |      | 4          |                  | 5    | 7  | 8    |                  | 9  |
|------------|-------------------|------------------|------|------------|------------------|------|----|------|------------------|----|
| № варианта |                   | a                | V    | $\Delta t$ | a                | V    | R  | V    | a                | S  |
|            |                   | м/с <sup>2</sup> | км/ч | с          | м/с <sup>2</sup> | км/ч | м  | км/ч | м/с <sup>2</sup> | км |
| 1          | $x(t)=10+10t-t^2$ | 2                | 10   | 5          | 2                | 10   | 10 | 10   | 2                | 1  |
| 2          | $x(t)=20+20t-t^2$ | 4                | 20   | 10         | 4                | 20   | 20 | 20   | 4                | 2  |
| 3          | $x(t)=30+30t-t^2$ | 6                | 30   | 15         | 6                | 30   | 30 | 30   | 6                | 3  |
| 4          | $x(t)=40+40t-t^2$ | 8                | 40   | 20         | 8                | 40   | 40 | 40   | 8                | 4  |
| 5          | $x(t)=50+50t-t^2$ | 10               | 50   | 25         | 10               | 50   | 50 | 50   | 10               | 5  |
| 6          | $x(t)=60+60t+t^2$ | 12               | 60   | 30         | 12               | 60   | 60 | 60   | 12               | 1  |
| 7          | $x(t)=70+70t+t^2$ | 14               | 70   | 35         | 14               | 10   | 70 | 70   | 14               | 2  |

|    |                    |    |    |    |    |    |     |    |    |   |
|----|--------------------|----|----|----|----|----|-----|----|----|---|
| 8  | $x(t)=80+80t+t^2$  | 16 | 80 | 40 | 16 | 20 | 80  | 80 | 16 | 3 |
| 9  | $x(t)=90+90t+t^2$  | 18 | 90 | 45 | 18 | 30 | 90  | 90 | 18 | 4 |
| 10 | $x(t)=10+100t-t^2$ | 20 | 10 | 50 | 20 | 40 | 100 | 10 | 20 | 5 |

Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется  
положительная оценка – 1 балл.

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

| Количество баллов | Процент результативности (правильных ответов) | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|-------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                   |                                               | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 18-20             | 90 – 100%                                     | 5                                     | Отлично             |
| 16-17             | 80 – 89%                                      | 4                                     | Хорошо              |
| 12-15             | 60 – 79%                                      | 3                                     | Удовлетворительно   |
| 0-11              | менее 60%                                     | 2                                     | Неудовлетворительно |

## Практическое занятие №2

### Решение задач на параметры вращательного движения

Цель работы: научиться рассчитывать параметры вращательного движения.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-анализировать и характеризовать вид движения

-решать задачи с использованием формул

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

Задание:

Решить задачи, используя формулы на вычисление параметров вращательного движения: период, частота, угловая частота, угловая скорость, линейная скорость, угловое перемещение, центростремительное ускорение.

Выявить основные различия между прямолинейным движением и движением тела по окружности.

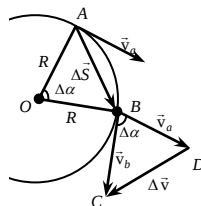
### Краткие теоретические сведения

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

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

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

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



Из подобия треугольников OAB и CBD  $\Rightarrow \frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta S}{R} \Rightarrow \Delta v = \frac{v \cdot \Delta S}{R}$ .

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

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

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

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

Частота обращения точки по окружности ( $\nu$ ) –

количество полных оборотов,

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

совершаемых

точкой в единицу времени.

$$[\nu] = 1 \frac{1}{\text{с}};$$

$$\boxed{\nu = \frac{v}{2\pi R}}$$

$$\boxed{a = 4\pi^2 \nu^2 R}.$$

Угловая скорость обращения точки по

окружности ( $\omega$ ) – скорость изменения угла

поворота  $\Delta\alpha$  радиуса  $R$ , соединяющего точку с

$$\boxed{\omega = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t}}$$

центром окружности.

$$[\omega] = 1 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

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

$$\Rightarrow \boxed{\omega = 2\pi\nu};$$

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

Порядок выполнения работы

1. Повторить основные понятия и параметры вращательного движения.

2. Решить задачи.

Ход работы:

Автомобиль движется по закруглению радиусом 100 метров со скоростью 36 км/ч. Определить его центростремительное ускорение. (отв.: 1 м/с)

Автомобиль движется по закруглению радиусом 80 метров со скоростью 54 км/ч. Определить его центростремительное ускорение.

Точильный круг радиусом 10 см делает один оборот за 0,2 с. Найдите скорость точек, наиболее удалённых от оси вращения.

Самолёт, выходя из пике, движется по траектории, которая в нижней части является дугой окружности радиусом 800м. Вычислите ускорение самолёта при его движении, если его скорость равна 720 км/ч. (отв.:  $50 \text{ м/с}^2$ )

Спутник движется по круговой орбите на высоте 630 км. Период обращения спутника 97, 5 минут. Определите его линейную скорость и центростремительное ускорение. Радиус Земли 6370 км. (Отв.:  $7514 \text{ м/с}$ ;  $8,1 \text{ м/с}^2$ )

Время одного оборота вокруг оси равно 24 часа. Вычислите угловую и линейную скорости вращения точек на экваторе. Радиус Земли считать равным 6400 км (отв.:  $0,0007 \text{ рад/с}$ ;  $448 \text{ м/с}$ ).

Период обращения первого космического корабля – спутника Земли «Восток» равнялся 90 минут. Средняя высота спутника над Землёй была равна 320 км. Радиус Земли 6400км. Вычислите скорость корабля.

Какова скорость движения автомобиля, если его колёса радиусом 30 см делают 600 оборотов в минуту?

Луна движется вокруг Земли на расстоянии 380000 км от неё, совершая один оборот за 27,3 суток. Вычислите центростремительное ускорение Луны.

Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

| Количество баллов | Процент результативности (правильных ответов) | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|-------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                   |                                               | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 9-8               | 90 – 100%                                     | 5                                     | Отлично             |
| 7-6               | 80 – 89%                                      | 4                                     | Хорошо              |
| 5                 | 60 – 79%                                      | 3                                     | Удовлетворительно   |
| 4                 | менее 60%                                     | 2                                     | Неудовлетворительно |

### Практическое занятие №3

#### Решение задач на Законы Ньютона

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-различать понятия инерции и инертности

-различать виды сил, действующих на тело

Применять формулы и законы на практике

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

Задание

Выявить основную причину движения тела.

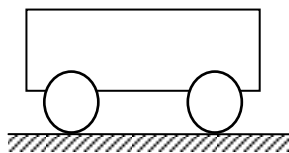
Решить задачи на применение законов Ньютона.

Порядок выполнения работы

Повторить основные понятия динамики и законы Ньютона

Решить задачи.

*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.  $[m] = 1 \text{ кг}$ .

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

За эталон массы (1 килограмм) принята масса международного прототипа килограмма.

Из опытов известно, что ускорения, получаемые телами при взаимодействии, обратно пропорциональны их массам: .

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

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

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

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

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

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

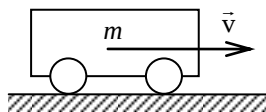
Равнодействующая (резльтирующая) сил ( $\vec{R}$ ) – сила, равная векторной сумме данных сил  $\vec{F}_i$ .  $\vec{R} = \sum \vec{F}_i$

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

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

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

паскаль



Импульс тела ( $\vec{p}$ ) – векторная мера механического движения, равная произведению массы тела на его скорость.  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$

$$[p] = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

Импульс силы ( $\overrightarrow{F \cdot \Delta t}$ ) – 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.  $\boxed{\vec{F} = m \cdot \vec{a}}$

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

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

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

Второй закон Ньютона справедлив для равнодействующей  $\vec{R}$  всех сил, приложенных к телу, поэтому, прежде чем решать задачи с его применением, надо определить  $\vec{R}$ .  $\boxed{\vec{F}_1 = -\vec{F}_2}$

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.

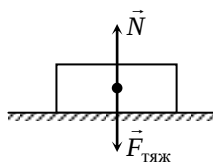
Закон всемирного тяготения

Полагая, что все тела Вселенной взаимно притягиваются, Ньютон в 1682 г. сформулировал закон всемирного тяготения: все тела притягиваются друг к другу с силами, прямо пропорциональными произведению их масс и обратно пропорциональными квадрату расстояния между ними.  $\boxed{F_{12} = \frac{\gamma \cdot m_1 \cdot m_2}{R^2}}$

где  $F_{12}$  – сила взаимного притяжения тел масс  $m_1$  и  $m_2$ ;  
 $\gamma$  – гравитационная постоянная.  $\boxed{\gamma = 6,6720 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}^2}$ .

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.

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

закон Гука: сила упругости,

возникающая при деформации тела, пропорциональна его абсолютной деформации и направлена в сторону, противоположную перемещению частиц тела:

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

$$\boxed{F_{\text{тр}} = \mu N}$$

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

Решить задачи:

1. Чему равна сила тяжести, действующая на тело массой 2,5 кг, 600 г, 1,2 т, 50 т?

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

16. Автомобиль массой 2 т трогается с места с ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ . Найти силу тяги, если коэффициент трения равен 0,05.

17. Какую силу тяги должен развивать двигатель, чтобы автомобиль массой 1000 кг двигался: а) равномерно; б) с ускорением  $0,2 \text{ м/с}^2$ .

18. Определить силу тяги, действующего на вагон массой 22 т, если скорость возросла от 3,8 м/с до 32,4 км/ч на пути 67 м. Коэффициент трения при движении вагона считать равным 0,025.

19. Электровоз при движении по горизонтальному пути развивает силу тяги  $150 \cdot 10^3 \text{ Н}$ . На участке пути длиной 600 м скорость поезда возросла с 32,4 до 54 км/ч. Определите силу сопротивления движению поезда, если его масса равна  $10000^3 \text{ кг}$ .

Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

| Количество баллов | Процент результативности (правильных ответов) | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|-------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                   |                                               | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 18-19             | 90 – 100%                                     | 5                                     | Отлично             |
| 16-17             | 80 – 89%                                      | 4                                     | Хорошо              |
| 12-15             | 60 – 79%                                      | 3                                     | Удовлетворительно   |
| 0-11              | менее 60%                                     | 2                                     | Неудовлетворительно |

## Тема 1.3. Законы сохранения в механике

### Практическое занятие №4,5

#### Законы сохранения. Работа и энергия.

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

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь:

-использовать законы сохранения для объяснения процессов движения

-решать задачи на законы сохранения

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

Задание

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

Порядок выполнения работы

1. Повторить законы сохранения в механике.
2. Разобрать алгоритм решения задач по теме
3. Решить задачи

Ход работы

Законы сохранения импульса, момента импульса, энергии и др. действуют в замкнутых системах.

*Замкнутой* называется система тел, взаимодействующих только друг с другом и не взаимодействующих с другими телами.

*Импульс силы* – векторная величина, являющаяся мерой действия силы за некоторый промежуток времени.

$\vec{I} = \vec{F} \cdot t$ ,  $\vec{I}$  – импульс силы  $\vec{F}$  за время  $t$

Импульс тела (количество движения) – векторная физическая величина, являющаяся мерой механического движения:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{v}; \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

Второй закон Ньютона можно записывать в виде:

$$Ft = mv_2 - mv_1$$

$\vec{P}$  – импульс тела массой  $m$ , движущегося со скоростью  $\vec{v}$ .

Закон сохранения импульса – векторная сумма импульсов тел, составляющих замкнутую систему, остаётся неизменной.

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

$m_1, m_2$  – массы тел,

$v_1, v_2$  – скорости тел до взаимодействия,

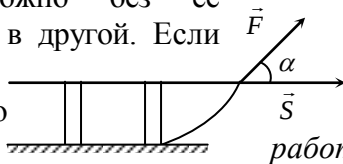
$u_1, u_2$  – скорости тел после взаимодействия.

Если сумма внешних сил, действующих на тела системы, равна нулю, то импульс системы сохраняется:

$$\vec{P} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_{31} = \text{const}$$

Количество потребляемой энергии – один из главных показателей технического развития общества. Производство, распределение и потребление энергии невозможно без её преобразования из одного вида в другой. Если

под действием постоянной силы  $\vec{F}$  совершило перемещение  $\vec{s}$ , то говорят, что силой совершена работа.



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

где  $\alpha$  – угол между  $\vec{F}$  и  $\vec{s}$ ;  $F_s = F \cdot \cos \alpha$  –

проекция  $\vec{F}$  на направление.

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

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

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

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

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

**Энергия**

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

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

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

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

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

Изменение энергии  $\Delta E$  может быть как положительным, так и отрицательным, т. е.  $\Delta E = \pm |\Delta E|$ .

Из (\*) вытекает: работа – мера изменения механической энергии системы.

### **Кинетическая энергия**

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

Кинетическая энергия – энергия  $\boxed{E_k = \frac{mv^2}{2}}$  движения.

Тогда  $\boxed{A = E_{k2} - E_{k1}}$  или  $\boxed{A = \Delta E_k}$ , т. е. если сила совершает положительную работу, то кинетическая энергия тела возрастает, и наоборот.

### **Потенциальная энергия**

Потенциальная энергия ( $E_{\text{п}}$ ) – энергия взаимодействия тел или частей тела.

Нулевой уровень потенциальной энергии – состояние системы, в котором  $E_{\text{п}} = 0$ .

Нулевой уровень потенциальной энергии взаимодействия тела с Землёй (НУПЭЗ) – горизонтальная плоскость, на которой принимается  $E_{\text{п}}$  системы тело–Земля равной нулю.

Пусть тело массы  $m$  под действием силы тяжести  $\vec{F}_{\text{тяж}}$  переместилось с высоты  $h_1$  до высоты  $h_2$  без изменения скорости. Работа силы тяжести

$$E_{\text{п}} = mgh$$

$$A = F_{\text{тяж}} S = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2 = -(mgh_2 - mgh_1) = -(E_{\text{п}2} - E_{\text{п}1}) \text{ или}$$

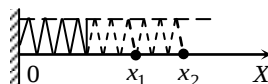
$$A = -\Delta E_{\text{п}}.$$

Потенциальная энергия взаимодействия тела с Землей ( $E_{\text{п}}$ ) – произведение силы тяжести тела на высоту  $h$  положения центра масс тела относительно НУПЭЗ.

Потенциальной энергией взаимодействия частей тела обладают упруго деформированные тела

$$E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}$$

Потенциальная энергия упруго деформированного тела ( $E_{\text{п}}$ ) – половина произведения жёсткости  $k$  тела на квадрат его абсолютной деформации  $x$ .



### Законы сохранения в механике

Энергия интересует человечество на всём пути его развития. Веками люди пытались изобрести машину («вечный двигатель»), позволяющую получать энергию из «ниоткуда».

Закон сохранения и превращения энергии (п.3.2) запрещает существование вечного двигателя, однако время от времени появляются люди, объявляющие о создании очередной его модели.

### Закон сохранения механической энергии

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

Замкнутая механическая система тел – система, на каждое из тел которой не действуют внешние силы или равнодействующая всех внешних сил равна нулю, т.е.

$$\sum \vec{F}_{i,\text{внеш}} = \vec{0}.$$

Рассмотрим замкнутую механическую систему тел, значения потенциальной энергии которой в начальном и конечном

состояниях равны  $E_{п1}$  и  $E_{п2}$ , кинетической:  $E_{к1}$  и  $E_{к2}$ :

$$E_{к1} + E_{п1} = E_{к2} + E_{п2}.$$

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

Закон сохранения механической энергии: полная механическая энергия замкнутой механической системы которой действуют только силы и упругости, остаётся неизменной.

$$\sum_{i=1}^n (E_k + E_p)_i = const$$

энергии:

тел, в тяжести

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

Закон сохранения импульса

Пусть два тела масс  $m_1$  и  $m_2$  замкнутую механическую движутся навстречу друг другу и взаимодействуют с силами  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ .

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

составляют систему,

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

$\vec{F}_2$ .

По третьему закону Ньютона

$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ . До

взаимодействия импульсы тел были  $\vec{p}_1$  и  $\vec{p}_2$ , после взаимодействия  $\vec{p}'_1$  и  $\vec{p}'_2$ .

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

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

Закон сохранения импульса применим только в ИСО.

*Алгоритм решения задач*

Сделайте чертёж для каждого тела, покажите векторы импульсов;

Рассмотрите характер движения тел и установите, является ли данная система замкнутой;

Запишите закон сохранения импульса в проекциях на оси;

Запишите при необходимости дополнительные формулы из кинематики и динамики;

Решите систему уравнений, проанализируйте ответ.

1. Железнодорожный вагон массой 35т подъезжает к стоящему на том же пути неподвижному вагону массой 28т и автоматически сцепляется с ним. После сцепки вагоны движутся прямолинейно со скоростью 0,5м/с. Какова была скорость вагона массой 35 тонн перед сцепкой?

2. Железнодорожный вагон массой 25т подъезжает со скоростью 0,3 м/с к стоящему на том же пути неподвижному вагону массой 28т и автоматически сцепляется с ним. После сцепки вагоны движутся прямолинейно. Какова скорость движения вагонов после сцепки?

3. Два железнодорожных вагона массой 30т каждый движутся навстречу друг другу со скоростью 0,1 м/с и соединяются на одном пути. Определить скорость их движения после соединения.

4. Автомобиль массой 5000кг при движении в горной местности поднялся на высоту 400м над уровнем моря. Определить потенциальную энергию автомобиля относительно уровня моря.

5. Вычислить работу, совершаемую тяжелоатлетом, когда он равномерно поднимает штангу массой 100 кг на высоту 1,5м.

Какой потенциальной энергией обладает тело массой 2кг, поднятое на высоту 15метра? Какую работу оно может совершить при падении на Землю?

6. Какую работу нужно совершить, чтобы поезд массой 1000 тонн, движущийся со скоростью 72км/ч увеличил свою скорость до 108 км/ч?

7. Молот копра для забивания свай массой 500кг падает с высоты 10 метров. Чему будет равна потенциальная и кинетическая энергия молота на высоте 4метра?

8. Двигатель комнатного вентилятора имеет мощность 0,35 кВт. Какую работу он совершит за 20 минут.

9. Какой массы груз может поднимать подъемный кран со скоростью 1,5м/с, если у него двигатель мощностью 12кВт?

Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

| Количество баллов | Процент результативности (правильных ответов) | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|-------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                   |                                               | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 10-9              | 90 – 100%                                     | 5                                     | Отлично             |
| 8-7               | 80 – 89%                                      | 4                                     | Хорошо              |
| 6                 | 60 – 79%                                      | 3                                     | Удовлетворительно   |
| 0-5               | менее 60%                                     | 2                                     | Неудовлетворительно |

Тема 2.1 Основы молекулярно-кинетической теории

### Практическое занятие №6

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

Цель работы:

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

Выполнив работу, Вы будете:  
уметь:

- объяснять явления с точки зрения МКТ
- анализировать и применять законы МКТ при решении задач разного характера
- решать задачи

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

Задание

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

Порядок выполнения работы

1. Повторить основные вопросы молекулярно-кинетической теории..
2. Решить задачи по вариантам.(из списка и таблицы)

Ход работы:

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

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

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

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

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

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

Масса одной молекулы (в кг):

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

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

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

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

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

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

$N = \nu \cdot N_A$  и  $m = \nu \cdot \mu$  – число молекул  $N$  в  $\nu$  моль вещества и его масса  $m$ .

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

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

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

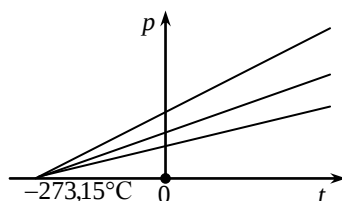
квадратичная скорость движения молекулы.

Температура – характеристика степени нагретости тела.

Абсолютный нуль – температура  $t = -273,15^\circ\text{C}$ , при которой должно прекратиться поступательное движение молекул.

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

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



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

Людвига Больцмана (1844–1906, Австрия).

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

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

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

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

$$R = k \cdot N_A = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$$

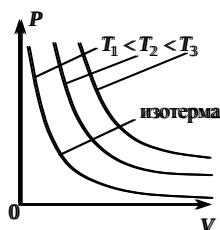
универсальная газовая постоянная.

$$pV = \frac{m}{\mu} RT - \text{уравнение состояния идеального газа}$$

(Менделеева-Клапейрона).

Практический интерес вызывают три процесса в газах:

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



Изотермический процесс. Закон Бойля-Мариотта

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

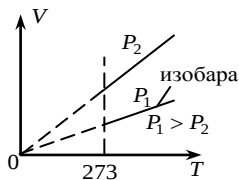
Закон Бойля-Мариотта: при постоянных количестве вещества и температуре произведение давления газа на его объём

остаётся постоянным.

$$pV = \text{const}$$

Изобарический процесс. Закон Гей-Люссака

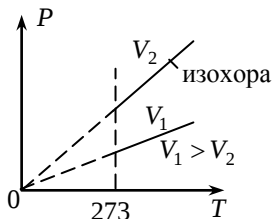
Изобарический процесс – процесс в газе, происходящий при постоянных количестве вещества и давлении



$$V = \alpha T$$

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

Изохорический процесс. Закон Шарля



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

Закон Шарля: при постоянных количестве вещества и объёме давление газа прямо пропорционально его абсолютной температуре.

$$p = \beta T$$

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

$$U = \frac{3}{2} \nu R T$$

– для одноатомного идеального газа.

$$U = \frac{5}{2} \nu R T$$

для двухатомного газа

$$U = 3 \nu R T$$

Для многоатомного

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

идеального

газа

Работа газа при изобарическом расширении:

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

Физический смысл  $R$ :

универсальная газовая постоянная – работа, совершаемая одним молем идеального газа при его изобарическом нагревании на один кельвин.

В условии некоторых задач отсутствуют цифры. Значения физических параметров этих задач необходимо брать из таблицы 1:

по вертикальной строке указан номер варианта, по горизонтальной – номер задачи.

1. Вычислить массу одной молекулы заданного газа.
2. Сколько молекул содержится при нормальных условиях в  $m$  килограммах водорода  $\text{H}_2$  ?
3. Какое количество вещества  $\nu$  содержится в алюминиевой отливке массой  $m$ ? ( $\mu_{\text{Al}} = 27 \cdot 10^{-3}$  кг/моль).
4. Какова масса  $\nu$  молей углекислого газа? ( $\mu_{\text{CO}_2} = 44 \cdot 10^{-3}$  кг/моль).
5. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа равна  $E_k$ . Чему равна температура газа? ( $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К).
6. В баллоне емкостью  $V$  литров находится кислород при температуре  $T$  и давлении  $P$ . Определить массу газа в баллоне. ( $\mu_{\text{O}_2} = 32 \cdot 10^{-3}$  кг/моль)
7. В цилиндре дизеля давление воздуха изменяется от  $P_1$  до  $P_2$  ; объем при этом уменьшается от  $V_1$  до  $V_2$  литров. Начальная температура процесса  $T_1$ . Определить температуру воздуха  $T_2$  в Кельвинах после сжатия.
8. Какова внутренняя энергия  $\nu$  молей одноатомного газа при температуре  $T$ ?
9. В баллоне емкостью 30 л находится кислород при температуре 300К и давлении 0,78МПа. Определите массу газа в баллоне.
10. Баллон емкостью 100 л содержит 5,76 кг кислорода. При какой температуре возникает опасность взрыва, если баллон выдерживает давление до 5МПа?
11. Вычислить увеличение внутренней энергии 2кг водорода при повышении его температуры на 10 К.

12. Углекислый газ массой 0,2 кг нагревают при постоянном давлении на 88К. Какую работу совершает при этом газ?

Таблица 1.

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

Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

| Количество баллов | Процент результативности (правильных ответов) | Качественная оценка уровня подготовки |                   |
|-------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|
|                   |                                               | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог |

|       |           |   |                         |
|-------|-----------|---|-------------------------|
| 11-12 | 90 – 100% | 5 | Отлично                 |
| 9- 10 | 80 – 89%  | 4 | Хорошо                  |
| 7- 8  | 60 – 79%  | 3 | Удовлетворительно       |
| 0-6   | менее 60% | 2 | Неудовлетворитель<br>но |

## Тема 2.1 Основы молекулярно- кинетической теории

### Практическое занятие №7

#### «Решение задач на уравнение состояния идеального газа, изопроцессы»

Цель работы:

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- различать виды изопроцессов
- применять законы изопроцессов при решении задач

Порядок выполнения работы:

1. Повторить основные понятия, формулы изопроцессов
2. Выполнить практическую работу по вариантам.( 6 задач )

Изотермический процесс. Закон Бойля-Мариотта

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

Закон Бойля-Мариотта: при постоянном количестве вещества и температуре произведение давления газа на его объём остаётся постоянным.  $pV = \text{const}$

Изобарический процесс. Закон Гей-Люссака

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

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

Изохорический процесс. Закон Шарля

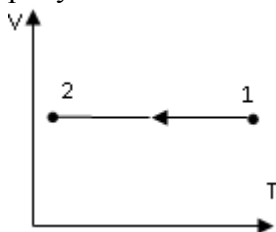
Изохорический процесс – процесс в газе, происходящий при постоянном количестве вещества и объёме (был изучен Шарлем).

Закон Шарля: при постоянном количестве вещества и объёме давление газа прямо абсолютной температуре

1 вариант

1. При постоянной температуре 270 С и давлении 105 Па объём газа 1 м<sup>3</sup>. При какой температуре этот газ будет занимать объём 2 м<sup>3</sup> при том же давлении 105 Па?

2. Газ переведен из состояния 1 в состояние 2, как показано на рисунке. Какой это процесс? Как изменилось давление газа?

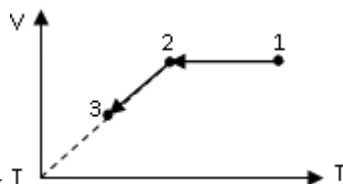


3. Какое давление рабочей смеси установилось в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания, если к концу такта сжатия температура повысилась с 470 до 3670 С, а объем уменьшился с 1,8 до 0,3 л? Первоначальное давление было 100 кПа.

4. Какой объем займет газ при 770 С, если при 270 С его объем был 6 л?

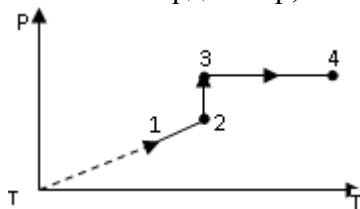
32. При изохорном нагревании идеального газа, взятого при температуре 320 К, его давление увеличилось от  $1,4 \cdot 10^5$  до  $2,1 \cdot 10^5$  Па. Как изменилась температура газа?

5. Изобразите графики процессов изменения состояния газа в



системе координат  $p, T$  и  $p, V$ .

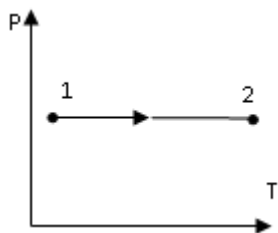
6. Изобразите графики процессов изменения состояния газа в системе координат  $p, V$  и  $V, T$ .



2 вариант

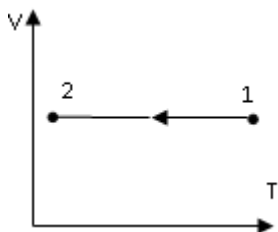
1. Чему равно давление газа в конце изотермического расширения, если в начале газ занимал объем 0,8 м<sup>3</sup> и находился под давлением  $3 \cdot 10^5$  Па, а его конечный объем составил 103 л?

2. Газ переведен из состояния 1 в состояние 2, как показано на рисунке. Ка-кой это процесс? Как изменился объем газа?



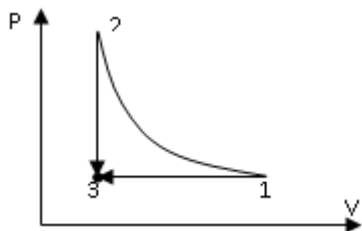
3. Газ при давлении 0,2 МПа и температуре 150 С имеет объем 5 л. Чему равен объем этой массы газа при нормальных условиях ( $p = 105 \text{ Па}$ ,  $t = 00\text{С}$ ).

4 Газ переведен из состояния 1 в состояние 2, как показано на рисунке. Какой это процесс? Как изменилось давление газа?



5. При температуре 520 С давление газа в баллоне рано  $2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . При какой температуре его давление будет равно  $2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ?

6. Изобразите графики процессов изменения состояния газа в системе координат  $p, T$  и  $V, T$ .



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.

| Количество баллов | Процент результативности (правильных ответов) | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|-------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                   |                                               | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 6                 | 90 – 100%                                     | 5                                     | Отлично             |
| 5                 | 80 – 89%                                      | 4                                     | Хорошо              |
| 4                 | 60 – 79%                                      | 3                                     | Удовлетворительно   |
| 0-3               | менее 60%                                     | 2                                     | Неудовлетворительно |

## Тема 2.2 Основы термодинамики

### Практическое занятие №8

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

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-составлять уравнение теплового баланса

-решать задачи на первое начало термодинамики

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

Задание

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

Порядок выполнения работы

1. Повторить основные вопросы термодинамики.
2. Решить задачи по вариантам

Ход работы:

1. Основные понятия

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

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

Удельная теплоёмкость ( $c$ ) – количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг вещества на 1 К ( $1^0\text{C}$ ).

$c = \frac{Q}{m\Delta T}$   $[c] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$   $\boxed{\sum Q_{\text{отд.}} = \sum Q_{\text{пол.}}}$  – уравнение теплового баланса.

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

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

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

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

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

Плавление – переход вещества из твёрдого состояния в жидкое.

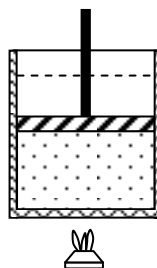
$$Q = \lambda \cdot m.$$

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

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

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

$$\Delta U = Q + A$$



количества работы  $A$ , силами.

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

Рабочее тело – газ, совершающий работу в тепловой машине.

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

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

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

## 2. Задания по вариантам

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

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

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

Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

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.

| Количество баллов | Процент результативности (правильных ответов) | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|-------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                   |                                               | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 10-9              | 90 – 100%                                     | 5                                     | Отлично             |
| 8-7               | 80 – 89%                                      | 4                                     | Хорошо              |
| 6                 | 60 – 79%                                      | 3                                     | Удовлетворительно   |
| 0-5               | менее 60%                                     | 2                                     | Неудовлетворительно |

|  |  |  |    |
|--|--|--|----|
|  |  |  | НО |
|--|--|--|----|

## Тема 3.1 Электрическое поле

### Практическое занятие № 9

#### Решение задач по теме «Электростатика»

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

Выполнив работу, Вы будете:  
уметь:

- обозначать электрические поля
- решать задачи графического характера
- решать задачи с применением формул и законов электростатики

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

Задание

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

#### Порядок выполнения работы

1. Повторить основные вопросы темы «Электростатика»
2. Выписать основные формулы и постоянные величины
3. Решить задачи по вариантам

Ход работы:

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

Необходима количественная мера свойств наэлектризованного тела.

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

Взаимодействия наэлектризованных тел относят к *электромагнитным взаимодействиям*.

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

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

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

Из опытов известно:

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

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

Закон сохранения электрического заряда: в электрически замкнутой системе тел полный электрический заряд (сумма величин положительного и отрицательного зарядов) остаётся постоянным.

Значит, электрический заряд не возникает из ничего и не исчезает бесследно и может переходить одного тела к другому при электромагнитных взаимодействиях.

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

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

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

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

коэффициент пропорциональности.

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

виде:  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ .

Тогда:

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

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

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

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

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

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

$$[E] = 1 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} = 1 \frac{\text{В}}{\text{м}} \vec{E}$$

характеристика

силовая

точки

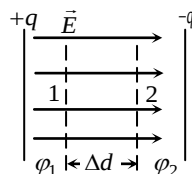
$$E = k \frac{Q}{\epsilon \cdot r^2}$$

электрического поля.

Работа поля по перемещению заряда

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

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



Связь напряженности и разности потенциалов

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

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

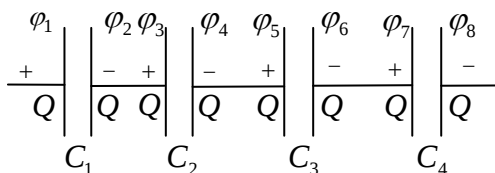
Электрическая ёмкость проводника ( $C$ ) – отношение заряда  $Q$  проводника к его потенциалу

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

$$\varphi. [C] = 1 \frac{\text{Кл}}{\text{В}} = 1 \text{ Ф} - \text{фарад}$$

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

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



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

Соединение

конденсаторов:

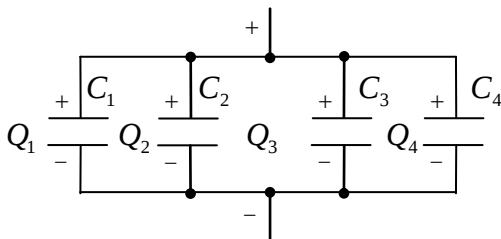
Последовательное соединение конденсаторов – соединение, при котором после зарядки отрицательно (положительно) заряженная обкладка предыдущего конденсатора соединена с положительно (отрицательно) заряженной обкладкой последующего.

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

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

⇒

Параллельное  
соединение  
конденсаторов –  
соединение, при  
котором после  
зарядки все



положительно заряженные обкладки собраны в один узел, все отрицательно заряженные – в другой.

$$C_{\text{бат}} = \sum_{i=1}^n C_i$$

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

В условии некоторых задач отсутствуют цифры. Значения физических параметров этих задач необходимо брать из таблицы 1:

по вертикальной строке указан номер варианта, по горизонтальной – номер задачи.

1. С какой силой взаимодействуют два заряда  $q_1$  и  $q_2$ , находящиеся на расстоянии  $r$  в среде с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ ?

2. На каком расстоянии друг от друга заряды  $q_1$  и  $q_2$  взаимодействуют с силой  $F$ , если относительная диэлектрическая проницаемость среды  $\epsilon$ ? ( $q_1, q_2$  и  $\epsilon$  из задачи №1)

3. Определить величину каждого из двух одинаковых зарядов, если в среде относительной диэлектрической проницаемостью среды  $\epsilon$  на расстоянии  $r$  друг от друга они взаимодействуют с силой  $F$ .

4. Определить напряжённость поля в точке, где действует электрическая сила  $F$  на пробный заряд  $q$ .
5. Найти напряжённость поля, образованного точечным зарядом  $q=10\text{мкКл.}$  на расстоянии  $r$  в среде с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ .
6. В однородном электрическом поле напряжённостью  $E$  перемещается по силовой линии заряд  $q=10\text{мкКл.}$  Определите работу электрического поля, если перемещение составило  $\Delta X$ .
7. Напряжение между точками электрического поля по силовой линии равно  $U$ , расстояние между ними  $\Delta X$  (из задачи №6). Какова напряжённость поля?
8. Какую работу нужно совершить для того, чтобы заряд  $q=10\text{нКл}$  переместился из точки поля с потенциалом  $\phi_1$  в точку с потенциалом  $\phi_2$ ? Схему перемещения заряда в электрическом поле изобразить графически.
9. Какова ёмкость проводника, потенциал которого изменяется на  $\Delta\phi$  при сообщении ему заряда  $q=9\text{нКл}$ ?
10. Определить ёмкость батареи  $C_{\text{бат.}}$ , если конденсаторы с ёмкостями  $C_1=10\text{пФ}$ ,  $C_2=15\text{пФ}$  и  $C_3=20\text{пФ}$  соединили: а) последовательно; б) параллельно. Схемы соединения конденсаторов начертить.

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.

| Количество баллов | Процент результативности (правильных ответов) | Качественная оценка уровня подготовки |                   |
|-------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|
|                   |                                               | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог |

|      |           |   |                         |
|------|-----------|---|-------------------------|
| 10-9 | 90 – 100% | 5 | Отлично                 |
| 8-7  | 80 – 89%  | 4 | Хорошо                  |
| 6    | 60 – 79%  | 3 | Удовлетворительно       |
| 0-5  | менее 60% | 2 | Неудовлетворитель<br>но |

[illegible]

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 80 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 90 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 11 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0  |

## Тема 3.2 Законы постоянного тока

### Практическое занятие №10

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

Цель работы: научиться применять законы Ома при решении задач

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- решать задачи с использованием законов Ома
- применять знания в повседневной жизни при расчете экономии электроэнергии

Материальное обеспечение: индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы

Задание

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

Порядок выполнения работы

1. Повторить законы Ома
2. Решить задачи

Ход работы:

Законы Ома

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

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

Закон Ома для участка цепи

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

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

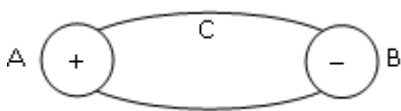
где  $U$  – напряжение на концах участка цепи, В;

$R$  – сопротивление этого участка, Ом.

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

Закон Ома для всей цепи

Возьмем два заряженных проводника А и В. Соединим их проводником АСВ. Положительный заряд под действием сил электрического поля  $F_{эл}$  будет двигаться к точке В до пор пока потенциалы тел А и В станут равными.



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

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

ВДА – под действием сторонних сил  $F_{ст.}$ .

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

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

Согласно закону Ома для участка цепи, напряжение на проводнике  $U = I \cdot R$ . Работа сторонних сил  $A_{ст.} = A_{потр.} + A_{ист.}$ .

$A_{потр.}$  – работа электрического поля по перемещению заряда от точки А к точке В;  $A_{потр.} = q \cdot U = q \cdot I \cdot R$ .

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

$$A_{ист.} = I \cdot r \cdot q$$

$$A_{ст.} = \varepsilon \cdot q.$$

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

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

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

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

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

### Задания

1. Электрический паяльник рассчитан на напряжение 120 В при токе 4,0 А. Какой длины необходимо взять нихромовый провод поперечным сечением  $3,9 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$  для изготовления нагревательного элемента?
2. Определите падение напряжения в линии электропередачи длиной 500 м при силе тока 15 А. Проводка выполнена алюминиевым проводом сечением  $1,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$ .
3. К проводнику длиной 6,0 м и поперечным сечением  $10^{-6} \text{ м}^2$  приложена разность потенциалов 5,0 В. Определите удельное сопротивление проводника, если сила тока в цепи 1,5 А.
4. Источником тока в цепи служит батарея с эдс 30 В. Напряжение на зажимах батареи 18 В, а сила тока в цепи 3,0 А. Определите внешнее и внутреннее сопротивление этой цепи.
5. Эдс источника тока 6 В. При внешнем сопротивлении цепи в 1 Ом ток равен 3 А. Найдите ток короткого замыкания.
6. Батарея накала электронной лампы имеет эдс 6,0 В. Для накала лампы необходимо напряжение 4,0 В при силе тока 80 мА. Внутреннее сопротивление батареи 0,2 Ом. Чему должно быть равно сопротивление резистора, который необходимо включить последовательно с нитью лампы во избежание ее перекала?

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

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

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

Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

| Количество баллов | Процент результативности (правильных ответов) | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|-------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                   |                                               | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 8-9               | 90 – 100%                                     | 5                                     | Отлично             |
| 7                 | 80 – 89%                                      | 4                                     | Хорошо              |
| 6                 | 60 – 79%                                      | 3                                     | Удовлетворительно   |
| 0-5               | менее 60%                                     | 2                                     | Неудовлетворительно |

## Тема 3.2 Законы постоянного тока

### Практическое занятие № 11

#### «Решение задач на законы соединения проводников»

Цель работы: научиться рассчитывать электрические цепи при последовательном и параллельном соединении проводников (потребителей).

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- различать виды соединений
- применять законы соединений на практике
- решать задачи на законы соединения проводников

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

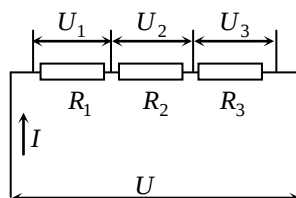
Задание

1. Изучить правила последовательного соединения проводников.
2. Изучить правила параллельного соединения проводников.
3. Используя правила последовательного и параллельного соединения проводников, рассчитать параметры электрического тока
4. Изучить способы вычисления общего сопротивления при смешанном соединении проводников
5. Решить задачи на разные виды соединения проводников

Краткие теоретические сведения:

#### Последовательное соединение проводников

Последовательное соединение проводников – соединение, при котором проводники образуют



единую цепь, размыкание которой в любом месте приводит к прекращению тока во всей цепи.

При последовательном соединении проводников:

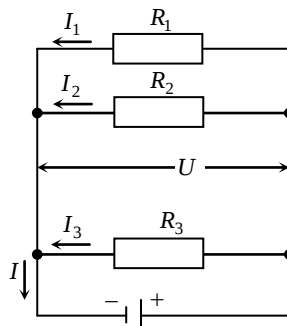
$$\begin{aligned} U &= U_1 + \dots + U_n \quad U = \sum_{i=1}^n U_i \\ I &= \text{const или } I = \text{const} \\ R &= R_1 + \dots + R_n \quad R = \sum_{i=1}^n R_i \end{aligned}$$

### Параллельное соединение проводников

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

При параллельном соединении проводников:

$$\begin{aligned} U &= \text{const} \quad U = \text{const} \\ I &= I_1 + \dots + I_n \quad \text{или } I = \sum_{i=1}^n I_i \\ \frac{1}{R} &= \frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad \frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \end{aligned}$$



Порядок выполнения работы

1. Повторить правила соединения проводников.

Последовательное соединение проводников

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

При последовательном соединении проводников:

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

$$I = \text{const} \text{ или } I = \text{const}$$

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

Параллельное соединение проводников

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

При параллельном соединении проводников:

$$U = \text{const}$$

$$I = I_1 + \dots + I_n \text{ или}$$

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

Решить задачи

1. Классная комната освещается шестью параллельно соединенными между собой лампочками, каждая из которых имеет сопротивление 480 Ом. Определите силу тока в подводящих проводах, если напряжение в сети 220 В. Сопротивлением подводящих проводов пренебречь.

2. К цепи, состоящей из проводников сопротивлением 20 и 30 Ом, соединенных параллельно, и проводника сопротивлением 18 Ом, подключенного к первым двум последовательно, приложено напряжение 120 В. Определите силу тока в неразветвленной части цепи и напряжение на втором проводнике.

3. Определить напряжение на зажимах двух параллельно соединенных электропечей сопротивлением 10 и 20 Ом и ток в них, если в неразветвленной части цепи ток 33 А.
4. Цепь состоит из трех сопротивлений 10 ; 20 и 30 Ом соединенных последовательно. Падение напряжения на первом сопротивлении 20 В. Найти падение напряжения на остальных сопротивлениях и напряжение на концах цепи.
5. Четыре лампы, сопротивления которых 4; 5; 10 и 20 Ом, соединены параллельно. Определить ток в каждой лампе и общий ток, если в первой лампе ток равен 2,5 А.
6. Три потребителя сопротивлением 12; 9 и 3 Ом соединены последовательно. Напряжение на концах цепи 120 В. Найти ток в цепи и падение напряжения на каждом потребителе.
7. Ток в 50 А в некоторой точке цепи разветвляется течет по четырем параллельно включенным в цепь проводникам, сопротивления которых 1; 2; 3 и 4 Ом. Найти ток в каждом проводнике.
8. Через резистор  $R_1=55$  Ом проходит ток  $I_1=4$ А. Определить сопротивление  $R_2$ , если через него проходит ток  $I_2=0,8$ А. Резисторы соединены параллельно.

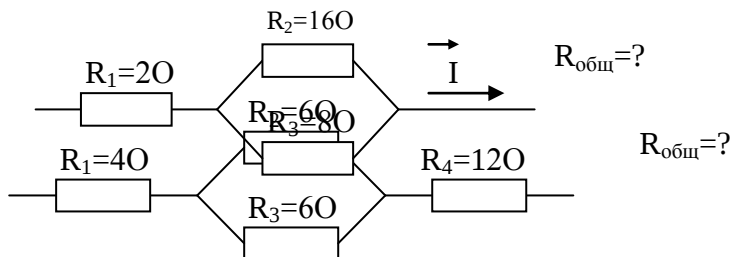
#### «Смешанное соединение проводников»

Порядок выполнения работы:

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

## Решить задачи

- 1.
- 2.



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

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.

| Количество баллов | Процент результативности (правильных ответов) | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|-------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                   |                                               | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 11-12             | 90 – 100%                                     | 5                                     | Отлично             |
| 9-10              | 80 – 89%                                      | 4                                     | Хорошо              |
| 7-8               | 60 – 79%                                      | 3                                     | Удовлетворительно   |
| 0-6               | менее 60%                                     | 2                                     | Неудовлетворительно |

|  |  |  |    |
|--|--|--|----|
|  |  |  | НО |
|--|--|--|----|

## Тема 3.2 Законы постоянного тока

### Практическое занятие №12

#### Решение задач на формулы работы и мощности тока

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять законы тока при решении задач
- решать задачи по теме

Материальное обеспечение: индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы

Задание

Используя формулы работы и мощности тока рассчитать параметры электрического тока.

Порядок выполнения работы

1.Повторить формулы работы и мощности тока.

Работа и мощность тока

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

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

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

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

$U$  – напряжение на участке цепи, В;

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

где  $P$  – мощность тока, Вт.

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

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

## 2. Решить задачи

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

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

3. Сварочным аппаратом. Работающим от сети напряжением 45 В за 20 минут было израсходовано 5,4 кВт·час энергии. При какой силе тока протекала дуговая сварка?

4. Электрический утюг мощностью 800 Вт работает от сети 220 В. Определить силу тока в нагревательном элементе и его сопротивление в рабочем состоянии утюга. Сколько энергии будет израсходовано за 1,5 часа непрерывной работы утюга?

5. В сеть напряжением 120 В последовательно с электрической дугой включен реостат. Падение напряжения на электродах дуги 45 В, сила тока в цепи 12 А. Определить мощность, потребляемую дугой и к.п.д. установки.

6. Резистор подключен к источнику тока, напряжение на зажимах которого 6 В. Какая работа совершается током, если за 0,5 минут через резистор проходит заряд 24 Кл? Определить мощность тока и сопротивление резистора.

7. Какая мощность потребляется дуговой сталеплавильной печью, работающей от источника напряжением 220 В при силе тока 30000 А? Определить стоимость электрической энергии,

израсходованной за 5 часов работы печи, по действующему тарифу.

8. Напряжение на зажимах генератора 132 В, а у потребителя – 127 В. Определить падение напряжения в магистральных проводах и сопротивление, если мощность тока у потребителя равна 5 кВт.

Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

| Количество баллов | Процент результативности (правильных ответов) | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|-------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                   |                                               | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 8                 | 90 – 100%                                     | 5                                     | Отлично             |
| 7                 | 80 – 89%                                      | 4                                     | Хорошо              |
| 5-6               | 60 – 79%                                      | 3                                     | Удовлетворительно   |
| 0-4               | менее 60%                                     | 2                                     | Неудовлетворительно |

Тема 3.5 Электромагнитная индукция. Магнитное поле.

### Практическое занятие №13

«Решение задач по теме «Магнитное поле, электромагнитная индукция»»

Цель работы: научиться рассчитывать параметры магнитного поля применять правила правой и левой руки

Выполнив эту работу, Вы будете:

Уметь:

-рассчитывать значения параметров магнитного поля.

-определять направления магнитной индукции, сил в магнитном поле с помощью правил

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

Задание:

1. Повторить характеристики магнитного поля и правила рук
2. Выполнить тренировочные задачи на построение.
3. Решить задачи на оценку по вариантам.

Краткие теоретические сведения:

Свойства магнитного поля

1. Магнитное поле порождается электрическим током (движущимися зарядами).

2. Магнитное поле обнаруживается по действию на электрический ток (движущие заряды).

Для характеристики магнитного поля вводится физическая величина – индукция магнитного поля . Модуль вектора магнитной индукции равен отношению максимальной силы  $F_{max}$ , действующей со стороны магнитного поля на участок проводника с током, к произведению силы тока  $I$  на длину этого

$$B = \frac{F_{max}}{I \cdot \Delta \ell}$$

участка  $\Delta \ell$ :

Единица измерения магнитной индукции называется тесла – .

$$[B] = \frac{H}{A \cdot m} = T$$

Характеристикой магнитного поля в вакууме является величина, называемая напряженностью магнитного поля  $H$ . Это векторная величина, совпадающая в однородной среде с  $\vec{B}$ .

Модули этих характеристик магнитного поля ( и ) связаны соотношением:  $B = \mu\mu_0 H$

,  
где  $\mu_0$  – магнитная постоянная;

$\mu$  – магнитная проницаемость среды, которая показывает, во сколько раз индукция магнитного поля в данной среде больше или меньше, чем в вакууме.

Модуль индукции магнитного поля для прямого бесконечно длинного проводника с током равен:

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi R}$$

Действие магнитного поля на проводник с током

Сила, действующая на проводник с током, помещенный в магнитном поле, называется силой Ампера.

Величину этой силы определяют по закону Ампера:

$$F = B \cdot I \cdot \ell \cdot \sin \alpha$$

где  $\ell$  – длина проводника, м;

$\alpha$  – угол между вектором магнитной индукции и проводником.

Направление силы Ампера определяется по правилу левой руки:

Если левую руку расположить так, чтобы перпендикулярная к проводнику составляющая вектора магнитной индукции входила в ладонь, а 4 вытянутых пальца были направлены по направлению тока, то отогнутый на 90 большой палец покажет направление силы, действующей на отрезок проводника (рис. 4)

Действие магнитного поля на движущийся заряд

Сила, с которой магнитное поле действует на движущийся электрический заряд, называется силой Лоренца.

Модуль этой силы равен:

$$F_L = BgV \sin \alpha$$

где  $g$  – модуль заряда частицы, Кл;

$V$  – скорость частицы, м/с;

$\alpha$  – угол между  $B$  и  $V$

Направление силы Лоренца определяется по правилу левой руки:

Если левую руку расположить так, чтобы составляющая вектора магнитной индукции, перпендикулярная скорости заряда, входила в ладонь, а четыре пальца были направлены по движению положительно заряженной частицы (против движения отрицательно заряженной частицы), то отогнутый на 90 большой палец покажет направление действующей на заряд силы Лоренца

Сила Лоренца перпендикулярна скорости движения частицы, следовательно, она не совершает работы, т.е. не может изменить кинетической энергии заряженных частиц, движущихся в магнитном поле.

Магнитный поток

Величину, численно равную произведению модуля вектора индукции магнитного поля на площадь поверхности и на косинус угла между направлением вектора магнитной индукции и нормалью к плоской поверхности, называют магнитным потоком.

$$\Phi = BS \cos \alpha \quad [\Phi] = T \cdot A \cdot m^2 = B \cdot b \quad (\text{вебер}).$$

Порядок выполнения работы:

Решить задачи

1. В однородное магнитное поле, индукция которого  $1,26 \cdot 10^{-3}$  Тл, помещен прямой проводник длиной 20 см. Определите силу, действующую на проводник, если по нему течет ток 50 А, а угол между направлением тока вектором индукции составляет  $30^\circ$ .

2. Проводник с силой тока  $5,0 \text{ А}$  помещен в однородное магнитное поле с индукцией  $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$ . Угол между направлениями тока и поля  $60^\circ$ . Определите активную длину проводника, если поле действует на него силой  $2 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$ .

3. В однородном магнитном поле с индукцией  $0,25 \text{ Тл}$  находится прямолинейный проводник длиной  $1,4 \text{ м}$ , на который действует сила  $2,1 \text{ Н}$ . Определите угол между проводником и направлением вектора индукции магнитного поля, если сила тока в проводнике  $12 \text{ А}$ .

4. Определите магнитную индукцию поля, зная, что на прямолинейный провод длиной  $0,4 \text{ м}$  действует сила  $3,0 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$ , когда по проводнику идет ток  $0,5 \text{ А}$ . Вектор магнитной индукции составляет угол  $30^\circ$  с проводником.

5. Чему равна сила тока в прямом проводнике длиной  $1,0 \text{ м}$ , помещенном в однородное магнитное поле с индукцией  $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$ , если на этот проводник со стороны поля действует сила  $2,1 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$ ? Угол между направлением электрического тока и вектором индукции равен  $45^\circ$ .

6. На обмотку ротора электродвигателя при прохождении по проводу тока  $20 \text{ А}$  действует сила в  $40 \text{ Н}$ . Определите величину магнитной индукции в месте расположения провода, если его длина  $20 \text{ см}$ . Обмотка содержит  $50$  витков.

7. Электрон описывает в магнитном поле окружность радиусом  $4,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ . Скорость движения электронов равна  $3,5 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ . Найдите индукцию магнитного поля.

8. Протон движется со скоростью  $1,0 \cdot 10^6 \text{ м/с}$  перпендикулярно однородному магнитному полю с индукцией  $1,0 \text{ Тл}$ . Найдите силу, действующую на протон, и радиус окружности, по которой он движется.

9. Электрон влетает в однородное магнитное поле, индукция которого  $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$ , перпендикулярно силовым линиям со скоростью  $1,0 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ . Вычислите радиус окружности, по которой будет двигаться электрон.

10.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?

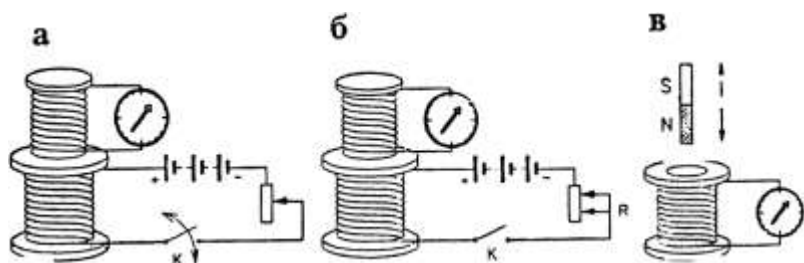
11.В однородное магнитное поле с индукцией  $8,5 \cdot 10^{-3}$  Тл влетает электрон со скоростью  $4,6 \cdot 10^6$  м/с, направленной перпендикулярно к силовым линиям. Определите силу, действующую на электрон в магнитном поле и радиус дуги окружности, по которой он движется.

12.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.

Краткие теоретические сведения:

Явление электромагнитной индукции

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



Явление электромагнитной индукции – возникновение электрического тока в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего контур. Ток, возникающий в контуре, называется индукционным (наведенным), а создающую его ЭДС называют ЭДС индукции.

Первоначально индукция была открыта в неподвижных друг относительно друга проводниках при замыкании и размыкании цепи одной из катушек (рис. 44 а) при изменении силы тока в одной из катушек, магнитное поле, которой пронизывает вторую катушку, в ней возникает индукционный ток (рис. 44 б) индукционный ток возникает также в проволочной катушке при движении постоянного магнита внутрь катушки и при выдвигании магнита из нее (рис. 44 в).

Закон электромагнитной индукции:

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

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

где  $\varepsilon_i$  – ЭДС индукции, В;

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

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

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

– скорость изменения магнитного потока, .

С учетом направления индукционного тока закон записывается

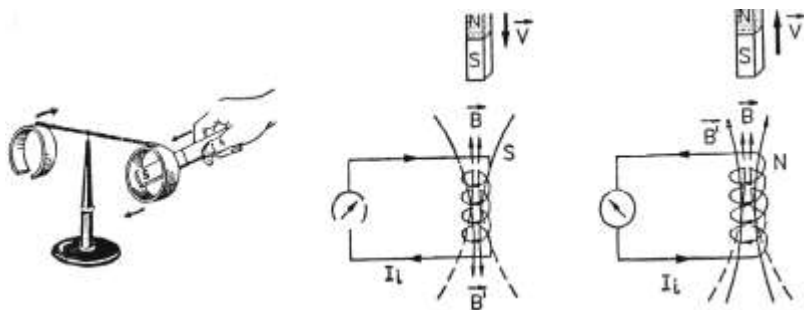
$$\text{так: } \varepsilon_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

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

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

где N – число витков.

Направление индукционного тока в замкнутом проводнике можно определить по правилу, установленному в 1833 году русским физиком Э.Х. Ленцем. Согласно правилу Ленца: Индукционный ток, возникающий в замкнутом контуре, своим магнитным потоком препятствует тому изменению магнитного потока, которым он вызван.



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

Самостоятельно объясни рис. 46 б.

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

$$\varepsilon_i = B \cdot v \cdot \ell \sin \alpha,$$

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

$\ell$  – длина проводника, м;

$B$  – магнитная индукция, Тл.;

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

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

### Решить задачи

1. Прямолинейный проводник длиной  $0,4$  м движется в однородном магнитном поле с индукцией  $0,1$  Тл, при этом в нем индуцируется ЭДС  $0,174$  В. Чему равна скорость движения проводника, если угол между вектором индукции поля и скоростью составляет  $60^\circ$ ?
2. Под каким углом к силовым линиям магнитного поля с индукцией  $0,5$  Тл должен двигаться проводник длиной  $2,0$  м, чтобы при скорости  $0,5$  м/с на его концах возбуждалась ЭДС индукции, равная  $0,35$  В?
3. Проводник длиной  $1,5$  м перемещается в однородном магнитном поле с индукцией  $0,2$  Тл. Движение проводника происходит со скоростью  $10$  м/с под углом  $45^\circ$  к магнитным силовым линиям. Найдите ЭДС индукции, возникающую в проводнике.
4. Какой магнитный поток пронизывает контур, если при равномерном исчезновении магнитного поля в течение  $0,2$  с в катушке индуцируется ЭДС, равная  $0,02$  В?
5. В проводнике длиной  $0,50$  м, движущемся со скоростью  $3,0$  м/с перпендикулярно силовым линиям однородного магнитного поля, возникает ЭДС  $6,0 \cdot 10^{-2}$  В. Определите индукцию магнитного поля.
6. Определите промежуток времени, в течение которого магнитный поток, пронизывающий контур, должен увеличиться от  $0,01$  до  $0,20$  Вб, чтобы в контуре возбуждалась ЭДС индукции  $3,8$  В.

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

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

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

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

#### Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

#### Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

| Количество баллов | Процент результативности (правильных ответов) | Качественная оценка уровня подготовки |                   |
|-------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|
|                   |                                               | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог |
| 20-22             | 90 – 100%                                     | 5                                     | Отлично           |
| 17-19             | 80 – 89%                                      | 4                                     | Хорошо            |

|       |           |   |                     |
|-------|-----------|---|---------------------|
| 15-16 | 60 – 79%  | 3 | Удовлетворительно   |
| 0-14  | менее 60% | 2 | Неудовлетворительно |

## Тема 4.1 Механические колебания и волны

### Практическое занятие № 14.

Решение задач на параметры колебательного движения.

Цель работы: параметры колебательного движения, виды маятников, их отличия. Уравнения синусоидальных колебаний. Виды колебаний.

Выполнив работу, Вы будете:  
уметь:

-различать виды колебаний

- применять законы на практике при решении задач и в жизни

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

Задание

1. Дать понятие колебательного движения, параметров, характеризующих движение, видов колебаний, связь механических и электромагнитных колебаний..

2. Выяснить практическое значение использования гармонических колебаний.

3. Применить изученный материал при решении задач на параметры колебательного движения, математического , пружинного маятников.

Порядок выполнения работы

1.Выполнить тест

2.Заполнить пропуски в таблице

3.Решить задачи

Ход работы:

Повторить основные вопросы по теме:

1. Вставьте пропущенное слово:

... не возникает и не исчезает, она лишь переходит из одного вида в другой.

а) индукция;                      в) энергия.

б) масса;

2. Установите соответствие функций графикам.

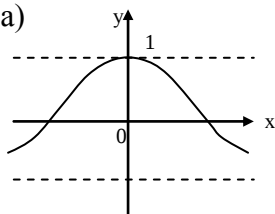
1)  $y=2^x$ ;

3)  $y=\sin x$ ;

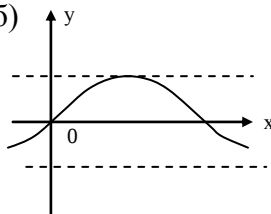
2)  $y=2$ ;

4)  $y=\cos x$ .

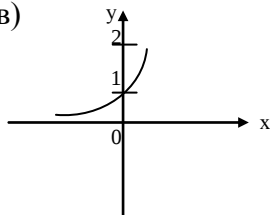
а)



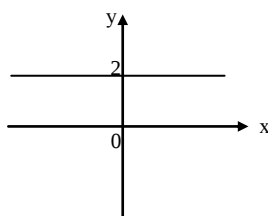
б)



в)



г)



3. Выберите законы гармонических колебаний:

а)  $y=Atg\omega t$ ;                      в)  $y=a^x$ ;

б)  $y=Asin(\omega t+\varphi_0)$ ;                      г)  $y=Acos\omega t$ .

P=4

4. Установите соответствие символов обозначения физических величин.

1) амплитуда;                      а)  $\varphi$ ;

2) циклическая частота;      б) F;

- |                   |               |
|-------------------|---------------|
| 3) фаза;          | в) L;         |
| 4) период;        | г) C;         |
| 5) скорость;      | д) A;         |
| 6) сила;          | е) v;         |
| 7) индуктивность; | ж) $\omega$ ; |
| 8) емкость        | з) T          |

5. Укажите соответствие формул физическим законам:

- |                                                   |                                            |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1) Закон Джоуля-Ленца;                            | а) $I = \frac{U}{R}$ ;                     |
| 2) Закон Ома;                                     | б) $\varepsilon_l = Bv \ell \sin \alpha$ ; |
| 3) ЭДС индукции;                                  | в) $Q = I^2 R t$ ;                         |
| 4) зависимость сопротивления от температуры;      | г) $\eta = \frac{A_n}{A_3} \cdot 100\%$ ;  |
| 5) зависимость сопротивления от длины проводника; | д) $R = \rho_0 \frac{\ell}{S}$ ;           |
| 6) КПД;                                           | е) $R = R_0(1 + \alpha t)$ ;               |
| 7) Закон Гука.                                    | ж) $F = -k \cdot x$                        |

Заполнить пропуски в таблице:

| № п/п | Характеристика | Обозначение, формула                | Единица измерения   | Определение                               |
|-------|----------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------|
| 1     | Период         |                                     | С                   |                                           |
| 2     | Частота        | $\nu = \frac{1}{T} = \frac{n}{t}$   | С <sup>-1</sup> =Гц | Число колебаний $\pi$ в единицу времени t |
| 3     |                | $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$ |                     |                                           |
| 4     | Смещение       |                                     |                     |                                           |
| 5     | Амплитуда      |                                     | м                   |                                           |
| 6     | Фаза           |                                     |                     | Мгновенное состояние                      |

|   |                |             |     |                          |
|---|----------------|-------------|-----|--------------------------|
|   |                |             |     | материальной точки по ОХ |
| 7 | Начальная фаза | $\varphi_0$ | рад |                          |

Выполнить задачи:

1. Напишите уравнение гармонических колебаний с амплитудой 5 см и начальной фазой  $45^\circ$ , если в 1 минуту совершается 150 колебаний.
2. Амплитуда гармонических колебаний материальной точки 5 см, период 4 с. Найдите максимальные скорости и ускорение и напишите уравнение гармонических колебаний.
3. Математический маятник длиной 56 см за 1 минуту совершает 40 полных колебаний. Определите период колебаний маятника и ускорение свободного падения в том месте, где находится маятник.
4. Материальная точка колеблется с частотой  $\nu=10$  кГц. Определите период, число колебаний в минуту и циклическую частоту.
5. Определите период, частоту, циклическую частоту гармонических колебаний математического маятника длиной 1 м, если  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>. Во сколько раз и как надо изменить длину маятника, чтобы период колебаний увеличился в 2 раза.
6. Амплитуда гармонических колебаний математического маятника длиной 50 мм, период 4 с, начальная фаза  $\frac{\pi}{4}$ .

Напишите уравнение этого колебания и найдите смещение колеблющейся точки от положения равновесия при  $t=0$  и  $t=1,5$  с.

7. Уравнение точки  $x=0,02\sin\left(\frac{\pi}{2}t+\frac{\pi}{4}\right)$ . Найдите период, максимальное значение скорости и ускорение.
8. Определите длину математического маятника, совершающего одно полное колебание за 2 с, если  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>. Во сколько раз

нужно изменить длину маятника, чтобы частота его колебаний увеличилась в 2 раза?

9. Уравнение гармонического колебания  $x=0,4\sin 5\pi t$ . Определите амплитуду, период, смещение при  $t=0,1$  с.

10. Определите жесткость пружины, частоту, циклическую частоту, если тело массой 0,5 кг, подвешенное к этой пружине, совершает колебания с периодом 0,2 с.

11. Материальная точка совершает гармонические колебания с амплитудой 0,03 м и периодом 0,2 с. Составьте уравнение колебания и определите смещение при  $t = 0,1$  с.

12. По дну сферической чашки совершает свободные колебания без трения маленький шарик. Определите период колебания шарика, если радиус кривизны чашки 2,45 м.

13. Составьте уравнение гармонических колебаний математического маятника длиной 2,45 м и амплитудой 0,1 м.

14. Тело совершает гармонические колебания по закону  $x = 20\sin \pi t$ . Определите скорость тела при  $t_1 = 0,5$  с и  $t_2 = 4$  с.

15. Ускорение свободного падения на поверхность Луны  $1,6 \text{ м/с}^2$ . какой длины должен быть математический маятник, чтобы его период колебания на Луне был 1 с?

16. Постройте график гармонического колебания частоты по параметрам: амплитуда 2 см, период 0,4 с, начальная фаза 0. Запишите уравнение этого колебания.

17. Тело совершает колебания по закону  $x = 60\sin 2\pi t$ . Определите скорость тела при  $t_1 = 1$  с и  $t_2 = 2,5$  с.

18. Тело массой 0,2 кг подвешено на пружине, жесткость которой  $2 \cdot 10^3 \text{ н/м}$ . Определите частоту, период, циклическую частоту свободных колебаний этого тела на пружине.

19. Период колебания маятника на Земле 1 с. Определите период его колебаний:

а) в движущейся вертикально вверх ракете;

б) на Луне ( $g_3 = 10 \text{ м/с}^2$ ,  $g_л = 1,6 \text{ м/с}^2$ ).

20. Материальная точка совершает гармонические колебания с амплитудой 4 см и периодом 2 с. Напишите уравнение движения точки, если ее движение начинается из положения  $x_0 = 2$  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.

| Количество баллов | Процент результативности (правильных ответов) | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|-------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                   |                                               | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 18-20             | 90 – 100%                                     | 5                                     | Отлично             |
| 16-17             | 80 – 89%                                      | 4                                     | Хорошо              |
| 12-15             | 60 – 79%                                      | 3                                     | Удовлетворительно   |
| 0-11              | менее 60%                                     | 2                                     | Неудовлетворительно |

Тема 4.2 Электромагнитные колебания и волны

Практическое занятие № 15,16

Решение задач по теме «Переменный ток»

Цель работы: изучить свободные электромагнитные колебания в контуре, виды сопротивления в цепи переменного тока, их отличия и особенности.

Выполнив эту работу, Вы будете:

Уметь:

- применять на практике, при решении задач, законы колебаний
- Различать виды сопротивления в зависимости от элемента, включенного в цепь.

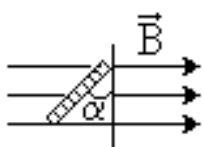
Материальное обеспечение: индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

Задание

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

Порядок выполнения работы

1. Повторить основные вопросы темы «Переменный ток»



Переменный ток – вынужденные гармонические электромагнитные колебания в проводнике.

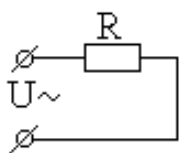
Вследствие электромагнитной индукции в рамке возникает гармонически

меняющаяся ЭДС  $\mathcal{E} = -\Phi' = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin \alpha t$  или  $\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \cdot \sin \omega t$

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

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

Резистор в цепи переменного тока



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

качественно ничем не отличается от прохождения постоянного

и подчиняется закону Ома:  $I(t) = \frac{U(t)}{R}$ . Тогда  $I(t) = \frac{U_0}{R} \sin \omega t$  или

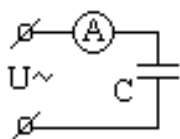
$$I(t) = I_0 \sin \omega t$$

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

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

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

Ёмкость в цепи переменного тока



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

Включим конденсатор ёмкости  $C$  в цепь переменного тока напряжения  $U(t) = U_0 \sin \omega t$  (\*).

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

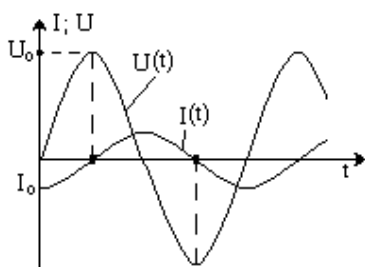
$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

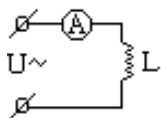
– ёмкостное сопротивление переменному току.

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

Индуктивность в цепи переменного тока

92





Включим катушку индуктивности  $L$  в цепь переменного тока напряжения  $U(t) = U_0 \sin \omega t$  (\*) (активное сопротивление провода катушки  $R \approx 0$ ).

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

$X_L = \omega \cdot L$  – индуктивное сопротивление переменному току.

( $X_L$  растет с ростом  $\omega$  и  $L$ ).

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

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

- Действующее значение мощности переменного тока часто называют активной мощностью.

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

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

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

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

- На практике нас редко интересуют амплитудные или мгновенные значения силы, напряжения или мощности

переменного тока. Интерес представляют их *действующие* значения.

Закон Ома для переменного тока

Известно, что в цепях переменного тока: а) для активного

сопротивления  $R$ :  $I_0 = \frac{U_0}{R}$ ;

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

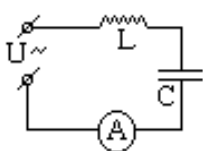
Учтя, что  $I_0 = I \cdot \sqrt{2}$  и  $U_0 = U \cdot \sqrt{2}$ , получим

Ома для переменного тока для резистора, и индуктивности:

закон ёмкости

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

Резонанс в цепи переменного тока



Соберём цепь из катушки индуктивности  $L$ , конденсатора  $C$ ,

амперметра переменного тока  $A$  и источника переменного

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

напряжения  $U = U_0 \cdot \sin \omega t$  с изменяемой частотой  $\omega$ . Активное сопротивление проводов и катушки индуктивности  $R \approx 0$ .

Фиксируя  $U_0 = \text{const}$  и изменяя частоту  $\omega$  от 0 до максимально возможного значения, снимем зависимость силы действующего тока в цепи  $I(\omega)$ . Оказалось, что на частоте  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

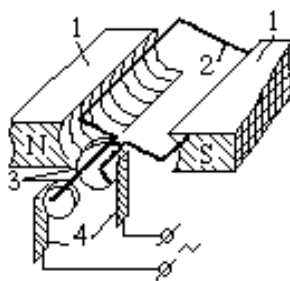
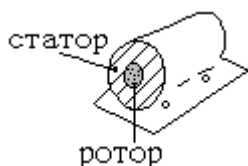
наблюдается резкое увеличение тока.

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

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

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

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



### Генератор переменного тока (ГПТ)

Простейший ГПТ состоит из: постоянных магнитов 1; контура 2; контактных колец 3; щеток 4. При вращении контура с угловой скоростью  $\omega$  его магнитный поток

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

Конструктивно ГПТ состоит из двух основных частей: неподвижной – статора и вращающейся – ротора, изготовленных из электротехнической стали.

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

### Трансформатор

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

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

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

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

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

$$\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = K, \text{ где } K - \text{коэффициент трансформации.}$$

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

### 2. Решить задачи по вариантам

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

1. ЭДС индукции, возникшая в рамке при вращении её в однородном магнитном поле, изменяется по закону  $\mathcal{E}(t) = \mathcal{E}_0 \cdot \sin \omega t$

(см. таблицу 1). Определить амплитудное значение ЭДС, мгновенное значение ЭДС при  $t=0,002\text{с}$ , период и частоту тока.

2. Магнитный поток в рамке, равномерно вращающейся в однородном магнитном поле, изменяется по закону  $\Phi=\Phi_0\cos 6280t$ . Найти зависимость ЭДС индукции, возникающей в рамке, от времени и определить амплитудные и действующие значения ЭДС, период и частоту тока.

3. Определить действующее значение силы тока, изменяющегося по закону  $I(t)=I_0\cdot\sin 54t$ .

4. Определить частоту переменного тока, циклическая частота которого равна  $110\pi$ .

5. Конденсатор ёмкостью  $10^{-4}\text{Ф}$  включен в сеть переменного тока с частотой  $50\text{Гц}$ . Определить ёмкостное сопротивление конденсатора.

6. Конденсатор ёмкостью  $C$  включен в сеть промышленного тока. Определить ёмкостное сопротивление.

7. Катушка индуктивностью  $0,5\text{ Гн}$  включена в сеть переменного тока с частотой  $50\text{Гц}$ . Определить индуктивное сопротивление катушки.

8. Катушка индуктивностью  $L$  включена в сеть переменного тока с частотой  $50\text{Гц}$ . Определить индуктивное сопротивление катушки.

9. Напряжения первичной и вторичной обмоток трансформатора  $U_1$  и  $U_2$  соответственно. Число витков вторичной обмотки  $N_2$ . Определить: число витков первичной обмотки  $N_1$ , коэффициент трансформации  $K$  и вид трансформатора (повышающий или понижающий), ответ пояснить.

10. Определить мощности первичной и вторичной цепей трансформатора  $P_1$  и  $P_2$ , если известны: напряжения  $U_1$  и  $U_2$ , ток  $I_1$  первичной обмотки. Рассчитать коэффициент трансформации  $K$  и указать вид трансформатора (повышающий или понижающий), ответ пояснить.

Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется

положительная оценка – 1 балл.

За неправильно выполненное действие, задание выставляется

отрицательная оценка – 0 баллов.

| Количество баллов | Процент результативности (правильных ответов) | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|-------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                   |                                               | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 9-10              | 90 – 100%                                     | 5                                     | Отлично             |
| 8                 | 80 – 89%                                      | 4                                     | Хорошо              |
| 6-7               | 60 – 79%                                      | 3                                     | Удовлетворительно   |
| 0-5               | менее 60%                                     | 2                                     | Неудовлетворительно |

## Тема 4.2 Электромагнитные колебания и волны

### Практическое занятие №17

«Электромагнитные колебания и волны», формула Томсона»

Цель работы: изучить свободные электромагнитные колебания в контуре, распространение волн, виды волн их отличия.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять на практике законы распространения электромагнитных волн

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

Задание:

1. Изучить основные термины, законы, определения.
2. Выявить отличия колебаний от волн.
3. Ответить на вопросы.
4. Решить задачи.

Краткие теоретические сведения:

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

Максвелл показал, что в каждой точке ЭМП векторы напряженности  $\vec{E}$  электрического поля и индукции  $\vec{B}$  магнитного поля взаимно перпендикулярны и лежат в плоскости, перпендикулярной направлению  $Z$  распространения волны, причем если рукоятку правого винта вращать по направлению от  $\vec{E}$  к  $\vec{B}$ , то поступательное движение винта укажет направление  $Z$ .

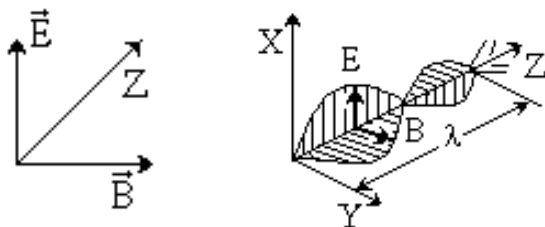


Рис. 13

Согласно теории Максвелла  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$  синфазны и распространение волны в пространстве с течением времени можно изобразить:

- ЭМВ распространяется как в средах, так и в вакууме (наличия частиц не требуется).
- Скорость ЭМВ в вакууме выше, чем в среде, и равна скорости света  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с.

ЭМВ (как и всякое колебание) переносит энергию.

Длина ЭМВ ( $\lambda$ ) – расстояние между ближайшими точками ЭМВ, колеблющимися в одинаковых фазах.

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. |

Ход работы:

1. Решить задачи:

1. Резонанс в колебательном контуре наступает при частоте 5,3 кГц. Определите индуктивность катушки, если емкость конденсатора 6 мкФ.

2. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 10 мГн и конденсатора емкостью 1 мкФ. Конденсатор заряжен при максимальном напряжении 200В. Определите максимальный заряд конденсатора и максимальную силу тока в контуре.

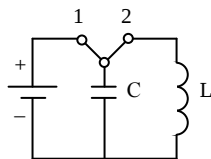
3. Сила тока в цепи меняется по закону  $i=14\sin(\omega t-30^\circ)$ . Определите показания амперметра, включенного в цепь.

4. Конденсатор емкостью  $10^{-6}$  Ф включен в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определите емкостное сопротивление конденсатора.

2. Ответить на вопросы:

1. Когда ключ в положении 1:

- а) конденсатору сообщается энергия;
- б) энергия магнитного поля максимальна, энергия электрического поля равна нулю;
- в) энергия электрического поля уменьшается;
- г) энергия электрического поля увеличивается, энергия магнитного поля уменьшается.



2. Период свободных колебаний в контуре с увеличением в девять раз емкости конденсатора:

- а) увеличивается в 9 раз;      в) увеличивается в 3 раза;
- б) уменьшается в 9 раз;      г) уменьшается в 3 раза.

3. Постепенное уменьшение электрической энергии в колебательном контуре связано с наличием в нем:

- а) емкости;      в) индуктивности;
- б) емкости и индуктивности;      г) активного сопротивления

5. Действие генератора переменного тока основано на:

- а) создании магнитного поля движущимися зарядами;
- б) нагревании проводника при прохождении по нему электрического тока;
- в) явлении электромагнитной индукции;
- г) возникновении электромагнитного поля.

4. В идеальном электрическом колебательном контуре емкость конденсатора 2 мкФ, а амплитуда напряжения на нем 10 В. Определите максимальную энергию магнитного поля катушки.

- а) 100 Дж;      в)  $10^{-4}$  Дж;
- б) 20 Дж;      г)  $10^{-3}$  Дж.

5. В идеальном колебательном контуре сила тока изменяется по закону  $I = 0,1 \sin 10^3 t$  (А). Емкость конденсатора 10 мкФ. Определите индуктивность катушки.

- а)  $10^{-3}$  Гн;      в) 10 Гн;
- б) 0,1 Гн;      г)  $10^2$  Гн.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание и ответ на вопрос теста выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

| Количество баллов | Процент результативности (правильных ответов) | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|-------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                   |                                               | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 9                 | 90 – 100%                                     | 5                                     | Отлично             |
| 8                 | 80 – 89%                                      | 4                                     | Хорошо              |
| 6-7               | 60 – 79%                                      | 3                                     | Удовлетворительно   |
| 0-5               | менее 60%                                     | 2                                     | Неудовлетворительно |



## Тема 5.1 Природа света. Волновые свойства света

### Практическое занятие №18

#### Решение задач с использованием формулы дифракционной решётки

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-различать волновые процессы, происходящие со светом

-применять на практике формулу дифракционной решетки.

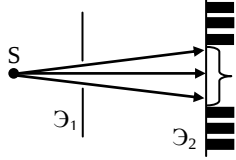
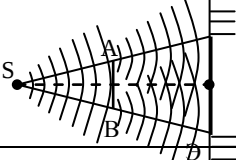
Материальное обеспечение: индивидуальное задание, конспект лекций, справочные материалы.

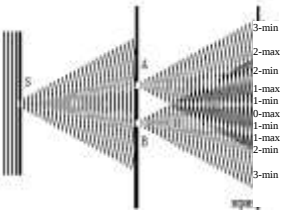
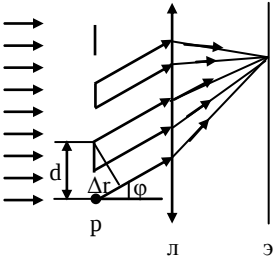
Порядок выполнения работы:

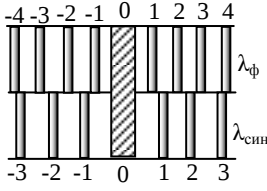
1.Повторить явление дифракции

2.Повторить формулу дифракционной решетки

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

| Препятствие                                    | Рисунок                                                                             | Объяснение                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1) Узкая щель $\lambda = 10^{-4} - 10^{-5}$ см |   | На экране в центре образуется светлое пятно больше размера отверстия. На краях щели образуются вторичные волны и лучи света рассеиваются. На экране за пятном чередуются темные и светлые полосы |
| 2) Тонкое препятствие (проволочка а)           |  | Края проволочки являются когерентными источниками волн, в результате дифракции которых на экране                                                                                                 |

|                                                |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                |                                                                                   | возникает интерференция, а в центре экрана волны приходят в одинаковой фазе, поэтому «тень» – светлая                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3)<br>Когерентные источники. Опыт Юнга 1802 г. |  | <u>Интерференция</u> на экране является <u>следствием дифракции</u> от двух когерентных источников. С помощью опыта измерены длины волн, соответствующие световым лучам разного цвета                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Препятствие                                    | Рисунок                                                                           | Объяснение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 4)<br>Дифракционная решетка                    |  | <p><u>Дифракционная решетка</u> – совокупность большого числа узких параллельных щелей, расположенных на малых равных расстояниях (d) друг от друга. Пример: частый гребешок, ресницы, перо.</p> $\sin \varphi = \frac{\Delta r}{d} = \frac{k\lambda}{d}$ <p><math>\Delta r = k\lambda = d \cdot \sin \varphi</math> – формула дифракционной решетки, где</p> <p><math>\Delta r</math> – оптическая разность хода лучей; <math>\varphi</math> – угол отклонения лучей от перпендикуляра к плоскости решетки; <math>\varphi_{\text{ф}} - \text{min}</math>, <math>\varphi_{\text{к}} - \text{max}</math>;</p> |

|                                            |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Максимумы разных световых излучений</p> |  | <p><math>k</math> – число длин волн; <math>k</math> – целое – <math>m</math> – светлая полоса; максимумы расположены на равных расстояниях друг от друга; <math>d</math> – период (постоянная) решетки – расстояние от начала одной щели до начала следующей щели. Позволяет вычислять длину волны:</p> $\lambda = \frac{d \cdot \sin \varphi}{k}$ <p>Дифракционную решетку используют для определения состава светового излучения, т.к. свет, соответствующий разным длинам волн, дает максимумы в разных местах</p> |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 3. Решить задачи:

1. Дифракционная решетка имеет 50 штрихов на мм. Под какими углами видны  $m$  первого и второго порядков монохроматического излучения с длиной волны 400 нм?
2. Определите длину волны для линии в дифракционном спектре второго порядка, совпадающей с изображением линии спектра третьего порядка с длиной волны 500 нм.
3. На дифракционную решетку с постоянной 0,01 мм направлена монохроматическая волна. Первый дифракционный  $m$  получен на экране смещенным на 3 см от первоначального направления света. Определите длину волны монохроматического излучения, если расстояние между экраном и решеткой 70 см.

4. Определите оптическую разность хода волн длиной 540 Нм, прошедших через дифракционную решетку и образовавших  $m$ -х второго порядка.

5. Дифракционная решетка с постоянной 0,004 мм освещается светом с длиной волн 687 нм. Под каким углом к решетке нужно производить наблюдения, чтобы видеть изображение спектра второго порядка?

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

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

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

Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

| Количество баллов | Процент результативности (правильных ответов) | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|-------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                   |                                               | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 8                 | 90 – 100%                                     | 5                                     | Отлично             |
| 7                 | 80 – 89%                                      | 4                                     | Хорошо              |
| 5-6               | 60 – 79%                                      | 3                                     | Удовлетворительно   |
| 0-4               | менее 60%                                     | 2                                     | Неудовлетворительно |

Практическое занятие №19

Решение задач по теме «Законы фотоэффекта»

Цель работы: изучить квантовую теорию, Теорию Максвелла, и Планка. понятие фотона., кванта. Законы фотоэффекта.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- использовать теорию Максвелла и Планка для объяснения процессов.

-решать задачи по фотоэффекту.

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

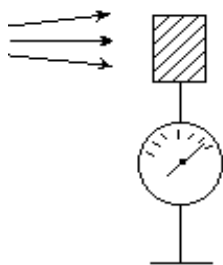
Задание

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

Порядок выполнения работы

1. Повторить основные вопросы темы «Внешний фотоэффект»

Квантовая оптика – раздел оптики, изучающий явления, в



которых существенны квантовые свойства света и атомов веществ.

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

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

Фотоэлектрон – электрон, участвующий в фотоэффекте.

- Фотоэффект обнаружил Герц и исследовал Александр Григорьевич Столетов (1839–1896, Россия).

### Законы внешнего фотоэффекта

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

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

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

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

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

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

– уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

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

## 2. Решить задачи

В условии некоторых задач отсутствуют цифры. Значения физических параметров этих задач необходимо брать из таблицы 1:

по вертикальной строке указан номер варианта, по горизонтальной – номер задачи.

1. Электромагнитное излучение имеет частоту  $\nu$ . Какова энергия квантов  $E$ ?

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

Таблица 1

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

Форма предоставления результата

Выполненные задачи в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется  
положительная оценка – 1 балл.

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

|                      |                           |                                          |
|----------------------|---------------------------|------------------------------------------|
| Количество<br>баллов | Процент<br>результативнос | Качественная оценка уровня<br>подготовки |
|----------------------|---------------------------|------------------------------------------|

|      | ти (правильных<br>ответов) | Балл<br>(отметк<br>а) | Вербальный аналог       |
|------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 9-10 | 90 – 100%                  | 5                     | Отлично                 |
| 8    | 80 – 89%                   | 4                     | Хорошо                  |
| 6-7  | 60 – 79%                   | 3                     | Удовлетворительно       |
| 0-5  | менее 60%                  | 2                     | Неудовлетворитель<br>но |

## Тема 6.2 Физика атома и атомного ядра

### Практическое занятие №20

Решение задач по теме: «Составление ядерных реакций.  
Естественная и искусственная радиоактивность».

Цель работы: изучить ядерную модель атома. Опыты Э.  
Резерфорда. Модель атома водорода по Н. Бору.

Выполнив работу, Вы будете:  
уметь:

- решать задачи по теме «Естественная радиоактивность»,
- применять законы по составлению ядерных реакций

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

### Порядок выполнения работы

#### 1. Повторить теоретическую часть:

- Состав радиоактивного излучения*
- Свойства  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -излучений*
- Радиоактивные превращения:

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

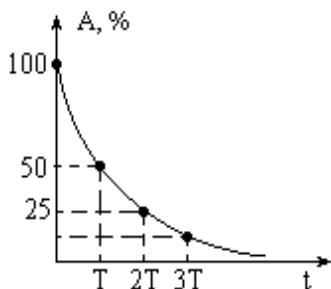
- *Закон радиоактивного распада*

Резерфорд установил:

- 1) р/а вещества убывает с течением времени;
- 2) для каждого р/а вещества существует интервал времени, в течение которого убывает в два раза.

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

График  $A(t)$  зависимости р/а (скорости распада) в % от времени:

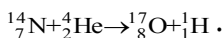


Пусть начальное число молекул вещества  $N_0$  (100%), тогда через  $T$  число молекул будет  $\frac{N_0}{2}$  (50%), через  $2T - \frac{N_0}{2^2}$  (25%), через  $3T - \frac{N_0}{2^3}$ , т. е.  $N = N_0 \cdot \frac{1}{2^n}$ . Так как  $n = \frac{t}{T}$ , то

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} \text{ — закон радиоактивного}$$

распада.

### -Искусственное превращение ядер



- В опытах  $\alpha$ -частица захватывается примерно одним из 50000 ядер азота.
- Фотографии треков тщательно изучают и расшифровывают.
- Впоследствии удалось обнаружить превращения ядер фтора, натрия, алюминия и др., сопровождающиеся испусканием протонов.
- В ядрах тяжёлых элементов (в конце периодической системы) таких превращений не наблюдалось (вероятно большой заряд этих ядер не позволяет  $\alpha$ -частице вплотную приблизиться к ним).

- Такие превращения и называют искусственными ядерными реакциями.

- Испускание протонов при ядерных реакциях и кратность заряда ядра заряду протона говорили о том, что протон входит в состав ядра. Однако, масса ядра (по результатам расчётов и опытов) оказывалась больше произведения общего заряда всех протонов (в  $e$ ) на массу протона (в а.е.м.), т. е. помимо протонов в ядре должны были находиться и *другие* элементарные частицы.

### -Открытие нейтрона, протонно-нейтронная модель атома

Исследования показали, что масса нейтрона в 1838,6 больше массы электрона и почти равна массе протона (1836,1 масс электрона). При попадании  $\alpha$ -частиц в ядра бериллия происходит реакция:  ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}$ , где  ${}^1_0\text{n}$  – нейтрон.

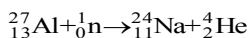
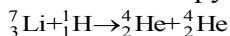
Нейтрон – нестабильная частица (с временем жизни  $\tau \approx 15$  мин), которая распадается на протон, электрон и нейтрино (частица, лишённая массы покоя).

Массовое число ( $A$ ) – сумма чисел протонов  $Z$  и нейтронов  $N$  в ядре.

$$A = N + Z$$

### -Ядерные реакции

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

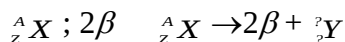


2 Решить задачи :

1. Куда смещается элемент Y в таблице Менделеева в результате 2-х  $\beta$ -распадов?

Дано:

Решение

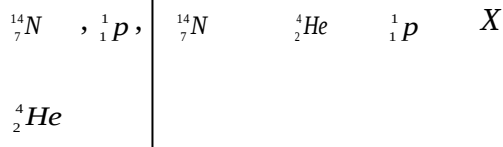


Ответ:

2. В результате захвата  $\alpha$ -частицы ядром изотопа азота  ${}_{7}^{14}N$  образуется неизвестный элемент и протон. Написать реакцию и определить неизвестный элемент.

Дано:

Решение



Ответ:

3. Решить задания на оценку:

1. Элемент курчатовий получили, облучая плутоний  ${}_{94}^{242}Pu$  ядрами неона  ${}_{10}^{22}Ne$ . Напишите реакцию, если известно, что в результате образуется еще четыре нейтрона.

2. Напишите недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:

- а)  ${}_{13}^{27}Al + {}_0^1n \rightarrow ? + {}_2^4He$ ;   б)  $? + {}_1^1H \rightarrow {}_{11}^{22}Na + {}_2^4He$ ;  
 в)  ${}_{25}^{55}Mn + ? \rightarrow {}_{26}^{56}Fe + {}_0^1n$ ;   г)  ${}_{13}^{27}Al + \gamma \rightarrow {}_{12}^{26}Mg + ?$ ;  
 д)  ${}_{5}^{10}B + {}_0^1n \rightarrow ? + \alpha$ ;   е)  ${}_{25}^{55}Mn + {}_1^1p \rightarrow ? + {}_0^1n$ ;  
 ж)  ${}_3^7Li + {}_2^4He \rightarrow ? + {}_2^3He$ ;   з)  ${}_1^2H + \gamma \rightarrow ? + {}_0^1n$ .

3. Протактиний  ${}_{91}^{231}\text{Pa}$   $\alpha$ -радиоактивен. Определите, какой элемент получается с помощью этого распада?
4. В какой элемент превращается  ${}_{92}^{239}\text{U}$  после двух  $\beta$ -распадов и одного  $\alpha$ -распада?
5. Изотоп гелия  ${}_2^3\text{He}$  получается в результате бомбардировки ядер трития  ${}_1^3\text{H}$  протонами. Найдите энергетический выход этой реакции.
6. Какова электрическая мощность атомной электростанции, расходующий в сутки 220 г изотопа  ${}_{92}^{235}\text{U}$  и имеющей КПД=25 %?

## Тема 1.1 Кинематика

### Лабораторная работа № 1 «Определение плотности вещества»

Цель работы: экспериментальное определение плотности жидкости и твердого тела.

Выполнив работу, Вы будете:  
уметь:

- измерять и вычислять параметры: массу, длину, высоту, ширину, объем, плотность.
- считать погрешность

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

Задание

определите массу и объем исследуемого вещества. Вычислите плотность вещества.

Краткие теоретические сведения:

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

$$\rho = m/v \text{ где}$$

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

$m$  – масса тела (кг);

$v$  – объем тела (м<sup>3</sup>)

#### Порядок выполнения работы

1. Для определения плотности твердого тела вычислите его объем.

2. Объем прямоугольного параллелепипеда вычислите по формуле:

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

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

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

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

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

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

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

4. Результаты измерений занесите в таблицу и сделайте вычисления.

| Вещество | Ширина $a$<br>(м) | Длина, $b$<br>(м) | Высота, $h$<br>(м) | Объем, $V$<br>(м <sup>3</sup> ) | Масса, $m$<br>(кг) | $\rho_{\text{лаб}}$ , кг/м <sup>3</sup> | $\rho_{\text{табл}}$ , кг/м <sup>3</sup> | Относительная погрешность                             |
|----------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|          |                   |                   |                    |                                 |                    |                                         |                                          | $\delta = \frac{\rho_T - \rho_L}{\rho_L} \cdot 100\%$ |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

### Опытное определение плотности воды

1. Для определения плотности воды необходимо: найти массу тары, в которую нужно поместить воду и определить массу воды без тары.
2. Определите цену деления мензурки и найдите объем взвешенной жидкости (воды).
3. Результаты опыта занесите в таблицу и вычисления произведите в системе СИ.

| Вещество | м <sub>1</sub><br>масса<br>тары, кг | м <sub>2</sub><br>масса<br>жидкости и<br>тары, кг | м <sub>ж</sub><br>масса<br>жидкости | V<br>объем, м <sup>3</sup> | Плотность<br>лабораторная,<br>кг/м <sup>3</sup> | Плотность<br>табличная<br>ρ <sub>табл</sub> , кг/м <sup>3</sup> | Относительная<br>погрешность                                                 |
|----------|-------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                     |                                                   |                                     |                            |                                                 |                                                                 | $\delta = \frac{\rho_{\Gamma} - \rho_{\lambda}}{\rho_{\Gamma}} \times 100\%$ |
|          |                                     |                                                   |                                     |                            |                                                 |                                                                 |                                                                              |

### Контрольные вопросы

1. Из двух разных металлов изготовлены одинаковые по размерам кубики. Взвешивание показало, что масса одного кубика больше массы другого в 3,3 раза. Одинакова ли плотность металла? Если нет, то во сколько раз отличаются плотности?
2. Три детали – медная, железная и алюминиевая – имеют одинаковые объёмы. Какая деталь имеет наибольшую массу, какая наименьшую? Пустот в деталях нет.

3. Кусок металла объёмом  $250 \text{ см}^3$  имеет массу 1750 г. что это за металл?
4. На чашки уравновешенных весов поставлены одинаковые стаканы. После того, как в один стакан налили молоко, а в другой – подсолнечное масло, равновесие весов не нарушилось. Объём какой из жидкостей больше?

Форма предоставления результата

Заполнить таблицу и записать вывод по работе.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется

положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент<br>результативности<br>(правильных<br>ответов) <i>от</i><br><i>общего числа</i><br><i>баллов</i> | Качественная оценка уровня<br>подготовки |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------|
|                                                                                                          | Балл<br>(отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 90 – 100%                                                                                                | 5                                        | Отлично             |
| 80 – 89%                                                                                                 | 4                                        | Хорошо              |
| 60 – 79%                                                                                                 | 3                                        | Удовлетворительно   |
| менее 60%                                                                                                | 2                                        | Неудовлетворительно |

Тема 1.3 Законы сохранения в механике

## Лабораторная работа №2

### «Изучение закона сохранения механической энергии»

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

Выполнив работу, Вы будете::

Уметь:

- измерять и вычислять величины, от которых зависит потенциальная энергия.

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

Материалы: 1) фиксатор;

2) штатив с муфтой и лапкой.

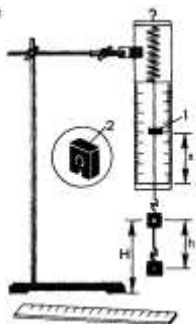
Задание

1. Использовать закон сохранения полной механической энергии.

2. На практике доказать справедливость закона.

Порядок выполнения работы

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



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

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

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

$$E_1 = mgh,$$

а энергия пружины при ее деформации увеличивается на

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

Порядок выполнения работы

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

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

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

и

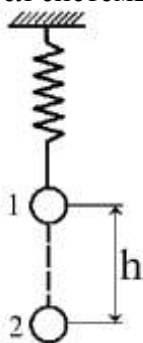
$$E_{2cp} = \frac{kx_{cp}^2}{2}$$

7. Сравните отношение

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

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

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



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

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

Абсолютные значения моментов сил  $\vec{F}$  и  $\vec{P}$  определим соответственно:

$$M_1 = Pl_1; \quad M_2 = Fl_2.$$

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

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

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

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

Выполнение работы:

| № опыта | $h=x_{max},$<br>м | $h_{cp},$ м | $E_1,$ Дж | $E_2,$ Дж | $\frac{E_1}{E_2}$ |
|---------|-------------------|-------------|-----------|-----------|-------------------|
| 1       |                   |             |           |           |                   |
| 2       |                   |             |           |           |                   |
| 3       |                   |             |           |           |                   |
| 4       |                   |             |           |           |                   |
| 5       |                   |             |           |           |                   |

Вычисления:

Пример вычислений:

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

$$= \frac{0,054 \text{ м} + 0,052 \text{ м} + 0,048 \text{ м} + 0,05 \text{ м} + 0,052 \text{ м}}{5} = 0,051 \text{ м}$$

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

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

Оценим погрешности:

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

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

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

Отношение потенциальных энергий запишем как:

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

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

### Контрольные вопросы

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

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

уравнение равноускоренного движения

3. При каких условиях применим закон сохранения механической энергии?
4. Форма предоставления результата

Заполнить таблицу и записать вывод по работе.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется  
положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества  
задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент<br>результативности<br>(правильных<br>ответов) <i>от<br/>общего числа<br/>баллов</i> | Качественная оценка уровня<br>подготовки |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------|
|                                                                                              | Балл<br>(отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 90 – 100%                                                                                    | 5                                        | Отлично             |
| 80 – 89%                                                                                     | 4                                        | Хорошо              |
| 60 – 79%                                                                                     | 3                                        | Удовлетворительно   |
| менее 60%                                                                                    | 2                                        | Неудовлетворительно |

## Тема 2.1 Основы молекулярно- кинетической теории

### Лабораторная работа №3

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

Цель работы: экспериментальная проверка закона Бойля-  
Мариотта.

Выполнив работу, Вы будете::

Уметь:

- измерять давление ,объем.

-экспериментально доказывать справедливость одного из  
изопроцессов

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

Задание

1. Повторить объединённый газовый закон.

2. Проверить на практике соблюдение закона Бойля-Мариотта.

Порядок выполнения работы

Закон Бойля-Мариотта для изотермического

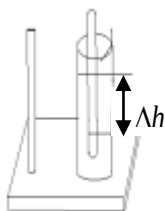
процесса ( $T = \text{const}$ ,  $\nu = \text{const}$ ) является част

ным случаем объединённого газового закона

т. е. давление газа обратно пропорционально его объёму.

Эту зависимость можно проверить опытным путем:

I способ:



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

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

где  $P_{\text{атм}} = P_1$  - атмосферное давление, Па;

$P_{\text{вод.ст.}}$  - давление водного столба, Па;

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

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

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

свободного падения;

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

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

Форма предоставления результата

Таблица 1.

| Объем<br>$V_1, \text{м}^3$ | Давление<br>$P_1, \text{Па}$ | Объем<br>$V_2, \text{м}^3$ | Давление<br>$P_2, \text{Па}$ | Давление<br>$P_{в1}, \text{Па}$ | Высота<br>столба<br>жидкост<br>и<br>$\Delta h, \text{м}$ | Давлен<br>ие<br>$P_{6II}, \text{Па}$ | Абсолют<br>ная<br>погрешно<br>сть<br>$\Delta, \text{Па}$ | Относите<br>льная<br>погрешн<br>ость<br>$\square, \text{Па}$ |
|----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                            |                              |                            |                              |                                 |                                                          |                                      |                                                          |                                                              |
|                            |                              |                            |                              |                                 |                                                          |                                      |                                                          |                                                              |

## Контрольные вопросы

### 1 вариант

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

### 2 вариант

1. В чем состоит броуновское движение?
  2. Какие параметры характеризуют состояние газа?
  3. Чем объясняется давление газа? Единицы его измерения.
  4. Почему давление газа при изотермическом сжатии возрастает?
  5. Какой газ называется идеальным?
  6. Можно ли из уравнения состояния газа получить закон Бойля-Мариотта?
  7. В баллоне емкостью 80 литров находится газ под давлением  $3,9 \cdot 10^5$  Па. Какой объем займет газ при нормальном атмосферном давлении 0,1МПа. Процесс изотермический.
  8. При температуре  $10^\circ\text{C}$  давление воздуха в баллоне равно  $10^4$  Па. При какой температуре давление в нем будет 0,26МПа?
- Форма предоставления результата  
Заполнить таблицу и записать вывод по работе.  
Критерии оценки:  
За правильно выполненное задание выставляется  
положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент<br>результативности<br>(правильных<br>ответов) <i>от<br/>общего числа<br/>баллов</i> | Качественная оценка уровня<br>подготовки |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------|
|                                                                                              | Балл<br>(отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 90 – 100%                                                                                    | 5                                        | Отлично             |
| 80 – 89%                                                                                     | 4                                        | Хорошо              |
| 60 – 79%                                                                                     | 3                                        | Удовлетворительно   |
| менее 60%                                                                                    | 2                                        | Неудовлетворительно |

## Тема 2.3 Свойства паров, жидкостей и твёрдых тел

### Лабораторная работа №4

#### Наблюдение роста кристаллов из раствора.

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

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- анализировать изменение кристаллов во времени.
- различать моно и поликристаллы

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

### Задание

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

### Порядок выполнения работы

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

Форма предоставления результата

Таблица 1.

| №<br>п/п | Действие | Результат действия |
|----------|----------|--------------------|
|          |          |                    |
|          |          |                    |

### Контрольные вопросы

1. Что такое кристалл?
2. Что такое анизотропия кристаллов?
3. Сравните скорости роста кристалла в горизонтальном и вертикальном направлениях. Различаются ли они?

4. Как называется явление зависимости физических свойств кристалла от направления?
5. Что такое агрегатные состояния вещества и его фазы?
6. Каковы характерные свойства газообразной фазы вещества?
7. Каковы характерные свойства жидкой фазы вещества?
8. Каковы характерные свойства твёрдой фазы вещества?
9. Почему твёрдое тело труднее сжать, чем жидкость?

Форма предоставления результата

Заполнить таблицу и записать вывод по работе.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент результативности<br>(правильных ответов) <i>от общего числа баллов</i> | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                                                                                | Балл<br>(отметка)                     | Вербальный аналог   |
| 90 – 100%                                                                      | 5                                     | Отлично             |
| 80 – 89%                                                                       | 4                                     | Хорошо              |
| 60 – 79%                                                                       | 3                                     | Удовлетворительно   |
| менее 60%                                                                      | 2                                     | Неудовлетворительно |

## Тема 2.3 Свойства паров, жидкостей и твёрдых тел

### Лабораторная работа №5 Измерение влажности воздуха

Цель работы: опытное определение абсолютной и относительной влажности воздуха.

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь:

- различать понятия относительной и абсолютной влажности воздуха
- вычислять влажность воздуха
- измерять с использованием психрометра

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

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

Задание

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

Порядок выполнения работы

1. Определение относительной влажности воздуха психрометром.

Психрометр состоит из сухого и влажного термометров.

Рассмотрите психрометр и определите где сухой и влажный термометры.

- а) измерить показания сухого и влажного термометров:
- б) используя психрометрическую таблицу, определить относительную влажность воздуха. Внимательно посмотрите на психрометрическую таблицу. В первом вертикальном столбце

найдите показания вашего сухого термометра, в первой горизонтальной строке найдите вашу разность показаний сухого и влажного термометров. То число, которое находится на пересечении столбца и строки и является значением влажности воздуха.

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

2. Определение относительной влажности воздуха конденсационным гигрометром.

Конденсационный гигрометра – это резервуар с отполированной внешней поверхностью.

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

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

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

Форма предоставления результата

1) Определение относительной влажности воздуха психрометром.

Таблица 1.

| Температура<br>сухого<br>термометра,<br>°C | Температура<br>влажного<br>термометра,<br>°C | Разность<br>показаний<br>термометров,<br>°C | Относительная<br>влажность<br>воздуха, % |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|
|                                            |                                              |                                             |                                          |
|                                            |                                              |                                             |                                          |

Сделать вывод по работе.

2) Определение относительной влажности воздуха конденсационным гигрометром.

Таблица 2.

| Темпер | To | Давлен | Парциа | Относит | Плотно | Абсол |
|--------|----|--------|--------|---------|--------|-------|
|--------|----|--------|--------|---------|--------|-------|

|                                            |                        |                                      |                                                   |                                          |                                                    |                                       |
|--------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------|
| атура<br>оключа<br>ющего<br>воздуха,<br>°C | чка<br>рос<br>ы,<br>°C | ие<br>насыще<br>нного<br>пара,<br>Па | льное<br>давлен<br>ие<br>водяно<br>го пара,<br>Па | ельная<br>влажнос<br>ть<br>воздуха,<br>% | сть<br>насыще<br>нного<br>пара,<br>$\frac{e}{m^3}$ | ютная<br>влажнос<br>ть<br>воздух<br>а |
|                                            |                        |                                      |                                                   |                                          |                                                    |                                       |
|                                            |                        |                                      |                                                   |                                          |                                                    |                                       |

Сделать вывод по работе.

### Контрольные вопросы

1. Как по внешнему виду отличить в бане трубы с холодной и горячей водой?
2. Чем объяснить появление зимой инея на окнах?. С какой стороны стекла он появится?
3. Найти относительную влажность воздуха в комнате при 18°C, если точка росы 10 °C.
4. Относительная влажность воздуха вечером при 16°C равна 55%. Выпадет ли роса, если ночью температура понизится до 8°C?

Форма предоставления результата

Заполнить таблицу и записать вывод по работе.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент<br>результативности<br>(правильных<br>ответов) <i>от</i> | Качественная оценка уровня<br>подготовки |                   |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
|                                                                  | Балл<br>(отметка)                        | Вербальный аналог |

|                            |   |                     |
|----------------------------|---|---------------------|
| <i>общего числа баллов</i> |   |                     |
| 90 – 100%                  | 5 | Отлично             |
| 80 – 89%                   | 4 | Хорошо              |
| 60 – 79%                   | 3 | Удовлетворительно   |
| менее 60%                  | 2 | Неудовлетворительно |

## Тема 2.3 Свойства паров, жидкостей и твёрдых тел

### Лабораторная работа №6

#### Определение удельной теплоемкости твердого вещества

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

Выполнив эту работу, Вы будете

Уметь:

- определять удельную теплоемкость вещества
- составлять уравнение теплового баланса

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

#### Задание

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

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

Таблица.

|                            |       |  |
|----------------------------|-------|--|
| 1. масса твердого тела, кг | $m_1$ |  |
| 2. температура тела, °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 тела, Дж/(кг·°K)                     | $c_1$     |  |
| 10. табличное значение удельной теплоемкости твердого тела, Дж/(кг·°K) | $c_T$     |  |
| 11. относительная погрешность, %                                       | $\delta$  |  |

Задание 3: Выполнить работу

Порядок выполнения работы

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

Теплота, отданная горячим телом:  $Q_{\text{отд}} = m_1 c_1 (t_1 - \theta)$

Теплота, полученная калориметром:  $Q_{\text{пол.к.}} = m_2 c_2 (\theta - t_2)$

Теплота, полученная водой:  $Q_{\text{пол.в.}} = m_3 c_3 (\theta - t_3)$

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

$$m_1 c_1 (t_1 - \theta) = m_2 c_2 (\theta - t_2) + m_3 c_3 (\theta - t_3)$$

$$m_1 c_1 (t_1 - \theta) = (\theta - t_2) (m_2 c_2 + m_3 c_3)$$

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

$$c_1 = (\theta - t_2) (m_2 c_2 + m_3 c_3) / (m_1 (t_1 - \theta)) \text{ Дж / (кг} \cdot \text{°K)}.$$

8. Определить погрешности

$$\Delta = |c_{\text{табл}} - c_1|$$

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

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

Контрольные вопросы:

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

Форма предоставления результата

Заполнить таблицу и записать вывод по работе.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент<br>результативности<br>(правильных<br>ответов) <i>от<br/>общего числа<br/>баллов</i> | Качественная оценка уровня<br>подготовки |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------|
|                                                                                              | Балл<br>(отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 90 – 100%                                                                                    | 5                                        | Отлично             |
| 80 – 89%                                                                                     | 4                                        | Хорошо              |
| 60 – 79%                                                                                     | 3                                        | Удовлетворительно   |
| менее 60%                                                                                    | 2                                        | Неудовлетворительно |

### Тема 3.2 Законы постоянного тока

#### Лабораторная работа № 7

#### Проверка закона Ома для участка цепи.

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

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь:

- самостоятельно собирать электрическую цепь
- измерять силу тока и напряжение
- рассчитывать сопротивление проводника
- строить графики зависимости
- устанавливать зависимость величин

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

Задание

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

### Порядок выполнения работы

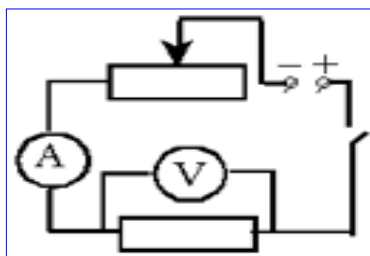
Электрический ток и напряжение являются основными физическими величинами, характеризующими электромагнитные процессы в электрической цепи.

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

Ток цепи измеряется амперметром, включенным последовательно с цепью.

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

Ток и напряжение на участке электрической цепи с



резистивным элементом  $R$  связаны законом Ома: 
$$I = \frac{U}{R}$$

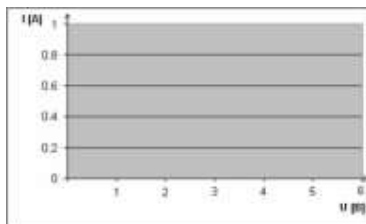
1. Исследование зависимости силы тока от напряжения на данном участке цепи.

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

Таблица 1.

|                     |  |  |  |
|---------------------|--|--|--|
| Напряжение,<br>U, В |  |  |  |
| I, А<br>сила тока   |  |  |  |

Построить график зависимости силы тока от напряжения

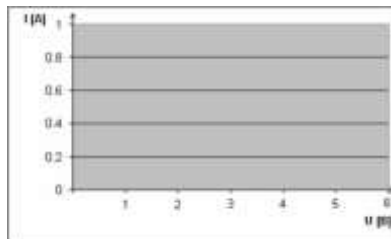


## 2. Исследование зависимости силы тока от сопротивления участка цепи при постоянном напряжении на его концах.

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

Таблица 2.

|                       |  |  |  |
|-----------------------|--|--|--|
| R,<br>Омсопротивление |  |  |  |
| I, А<br>сила тока     |  |  |  |



Построить график зависимости силы тока от сопротивления  
Форма предоставления результата

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

Сделать вывод по работе.

### Контрольные вопросы

1. Напряжение на зажимах электрического утюга 220В, Сопротивление нагревательного элемента утюга 50 Ом. Чему равна сила тока в нагревательном элементе?
2. Сила тока спирали электрической лампы 0,7А, сопротивление лампы 310Ом. Определите напряжение, под которым находится лампа.
3. Можно ли включить в сеть с напряжением 220Вольт реостат, на котором написано: а) 300м, 5А; б) 2000 Ом, 0,2 А.
4. Даны графики зависимости силы тока от напряжения для каждого из двух параллельно соединённых проводников (см.рис.1). Определить силу тока в неразветвлённой части, цепи, когда напряжение на концах участка. 2 В.

Рис.1

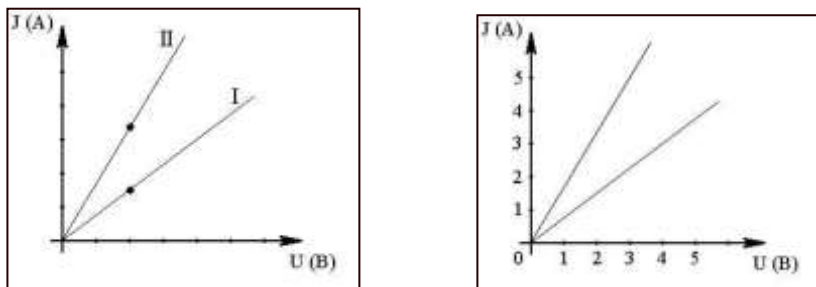


Рис. 2

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

Форма предоставления результата

Заполнить таблицу и записать вывод по работе.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент<br>результативности<br>(правильных<br>ответов) <i>от<br/>общего числа<br/>баллов</i> | Качественная оценка уровня<br>подготовки |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------|
|                                                                                              | Балл<br>(отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 90 – 100%                                                                                    | 5                                        | Отлично             |
| 80 – 89%                                                                                     | 4                                        | Хорошо              |
| 60 – 79%                                                                                     | 3                                        | Удовлетворительно   |
| менее 60%                                                                                    | 2                                        | Неудовлетворительно |

## Тема 3.2 Законы постоянного тока

### Лабораторная работа №8

#### Определение удельного сопротивления проводника

Цель работы: определение удельного сопротивления проводника экспериментальным путем

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь:

- определять удельное сопротивление проводника
- пользоваться штангенциркулем
- самостоятельно собирать электрическую цепь

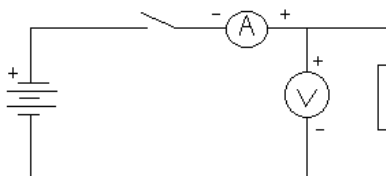
Материальное обеспечение: источник тока, амперметр, вольтметр, соединительные провода, ключ, штангенциркуль, линейка, кусок провода, удельное сопротивление которого определяется.

## Задание

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

Порядок выполнения работы:

1. Собрать цепь по схеме и показать для проверки руководителю.
2. Замкнуть цепь и снять показания амперметра и вольтметра.



3. Вычислить сопротивление проводника по формуле:

, 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.

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

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

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.

|          |        |         |        |        |        |                        |                               |              |                   |
|----------|--------|---------|--------|--------|--------|------------------------|-------------------------------|--------------|-------------------|
| $U, В$   | $I, А$ | $R, Ом$ | $l, м$ | $d, м$ | $S, м$ | $\rho, \Omega \cdot м$ | $\rho_{табл}$<br>$Ом \cdot м$ | $\Delta, Ом$ | $\varepsilon, \%$ |
| вещество |        |         |        |        |        |                        |                               |              |                   |
|          |        |         |        |        |        |                        |                               |              |                   |

Контрольные вопросы:

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

Форма предоставления результата

Заполнить таблицу и записать вывод по работе.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент результативности<br>(правильных ответов) <i>от</i> | Качественная оценка уровня подготовки |                   |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|
|                                                            | Балл<br>(отметка)                     | Вербальный аналог |

|                                |   |                     |
|--------------------------------|---|---------------------|
| <i>общего числа<br/>баллов</i> |   |                     |
| 90 – 100%                      | 5 | Отлично             |
| 80 – 89%                       | 4 | Хорошо              |
| 60 – 79%                       | 3 | Удовлетворительно   |
| менее 60%                      | 2 | Неудовлетворительно |

## Тема 3.2 Законы постоянного тока

### Лабораторная работа №9

#### Опытная проверка закономерностей параллельного соединения проводников

Цель работы: проверить законы параллельного соединения проводников экспериментальным путем.

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь:

- самостоятельно собирать электрическую цепь
- применять на практике законы последовательного и параллельного соединения проводников
- применять измерительные приборы

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

Задание

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

Порядок выполнения работы

1. Собрать электрическую цепь по схеме:
2. Снять показания амперметров  $I_1, I_2, I_{ОБЩ.}$ .
3. Снять показания вольтметров  $U_1, U_2, U_{ОБЩ.}$ .

4. Вычислить значения  $R_1, R_2, R_{ОБЩ.}$  по закону Ома участка цепи.

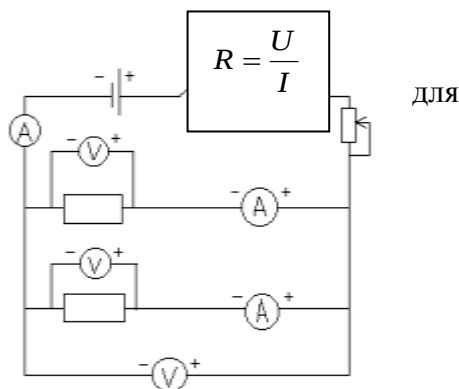
5. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 1.

6. Передвинуть ползунок реостата, вторично снять показания приборов и вычислить сопротивления.

7. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 1.

8. Для каждого опыта проверить соотношения:

9. Сделать вывод по работе.



$$I_{ОБЩ.} = I_1 + I_2$$

$$U_{ОБЩ.} = U_1 = U_2$$

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

Форма предоставления результата

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

Контрольные вопросы

1. Какое соединение проводников называется параллельным?

2. По какой формуле определяется сопротивление двух параллельных проводников R?

3. Три проводника сопротивлением 6 Ом каждый соединены параллельно. Начертить схему их соединения и рассчитать общее сопротивление всех проводников.

Форма предоставления результата

Заполнить таблицу и записать вывод по работе.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется  
положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества  
задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент<br>результативности<br>(правильных<br>ответов) <i>от</i><br><i>общего числа</i><br><i>баллов</i> | Качественная оценка уровня<br>подготовки |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------|
|                                                                                                          | Балл<br>(отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 90 – 100%                                                                                                | 5                                        | Отлично             |
| 80 – 89%                                                                                                 | 4                                        | Хорошо              |
| 60 – 79%                                                                                                 | 3                                        | Удовлетворительно   |
| менее 60%                                                                                                | 2                                        | Неудовлетворительно |

### Тема 3.2 Законы постоянного тока

#### Лабораторная работа №10

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

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

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь:

-самостоятельно собирать электрическую цепь

-устанавливать зависимость мощности лампы накаливания от напряжения

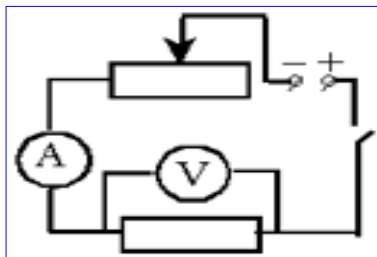
Материальное обеспечение: батарея аккумулятора, электрическая лампочка с патроном, реостат со скользящим контактом, амперметр, вольтметр постоянного тока, соединительные провода, ключ.

Задание

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

| №<br>п/п | Сила тока, А | Напряжение, В | Мощность, Вт |
|----------|--------------|---------------|--------------|
| 1        |              |               |              |
| 2        |              |               |              |
| 3        |              |               |              |

### Контрольные вопросы

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

### Форма предоставления результата

Заполнить таблицу и записать вывод по работе.

### Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется

положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент<br>результативности<br>(правильных<br>ответов) <i>от</i><br><i>общего числа</i><br><i>баллов</i> | Качественная оценка уровня<br>подготовки |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
|                                                                                                          | Балл<br>(отметка)                        | Вербальный аналог |
| 90 – 100%                                                                                                | 5                                        | Отлично           |

|           |   |                     |
|-----------|---|---------------------|
| 80 – 89%  | 4 | Хорошо              |
| 60 – 79%  | 3 | Удовлетворительно   |
| менее 60% | 2 | Неудовлетворительно |

## Тема 3.2 Законы постоянного тока

### Лабораторная работа №11

#### Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока.

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

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь:

- самостоятельно собирать электрическую цепь
- экспериментально определять ЭДС
- снимать показания с измерительных приборов

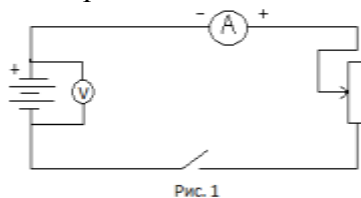
Материальное обеспечение: источник электрической энергии, амперметр, ключ, вольтметр, соединительные провода, потребитель электрической энергии.

Задание

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

#### Порядок выполнения работы

1. Соберите электрическую цепь по схеме (Рис.1)
2. Определите цену деления электроизмерительных приборов.
3. Измерьте ЭДС источника тока. Для этого определите показания вольтметра при разомкнутом ключе.



4. Измерьте величины силы тока и напряжения на внешней части цепи, замыкая  $R = \frac{U}{I}$  ключ. Рассчитайте сопротивление по формуле:
5. Изменяя положения движка реостата, повторите измерения (п.3) ещё дважды.
6. Вычислите величину внутреннего  $r = \frac{\varepsilon - IR}{I}$  сопротивления по формуле:
7. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 1.
8. Сделать вывод по работе.

#### Форма предоставления результата

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

#### Контрольные вопросы

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

#### Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент<br>результативности<br>(правильных<br>ответов) <i>от<br/>общего числа<br/>баллов</i> | Качественная оценка уровня<br>подготовки |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------|
|                                                                                              | Балл<br>(отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 90 – 100%                                                                                    | 5                                        | Отлично             |
| 80 – 89%                                                                                     | 4                                        | Хорошо              |
| 60 – 79%                                                                                     | 3                                        | Удовлетворительно   |
| менее 60%                                                                                    | 2                                        | Неудовлетворительно |

### Тема 3.3 Электрический ток в различных средах

#### Лабораторная работа №12

##### Определение электрохимического эквивалента меди

Цель работы: определить электрохимический эквивалент меди экспериментальным путем.

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь:

- самостоятельно собирать электрическую цепь
- анализировать процесс электролиза
- применять закон электролиза (Фарадея)

Материальное обеспечение: весы и разновесы; амперметр; часы; электроплитка; аккумуляторная батарея; реостат; ключ; медные электроды (2 шт.) со вставкой; соединительные

провода; электролитическая ванна с раствором медного купороса.

Задание

1. Пронаблюдать явление электролиза меди из раствора медного купороса.

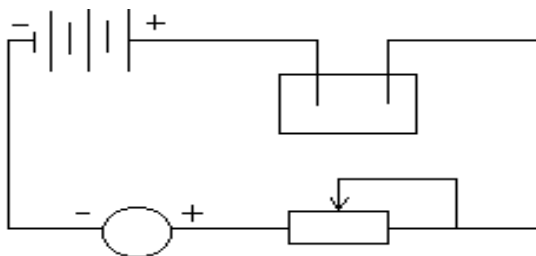
2. Научиться определять электрохимический эквивалент по результатам эксперимента.

Порядок выполнения работы

1. Очистить наждачной бумагой катодную пластинку, определить взвешиванием массу пластинки ( $m_1$ ).

2. Составить электрическую цепь по схеме. При составлении цепи взвешенный электрод соединить с отрицательным полюсом источника электрической энергии.

3. Замкнуть цепь и заметить время включения тока.



4. Через 15-20 минут разомкнуть цепь.

5. Вынуть катодную пластинку, промыть и просушить.

6. Взвешиванием определить массу катода ( $m_2$ ) после пропускания тока.

7. Найти массу ( $m$ ) выделившейся на катоде при электролизе по формуле:

где  $m_1$ - начальная масса пластинки, кг;  $m_2$ - конечная масса пластинки, кг.

8. Вычислить электрохимический эквивалент меди из формулы:

где  $m$ - масса выделившегося вещества, кг;

$I$ - сила тока, А;  $t$ - время электролиза, с.

9. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу 1.
10. Сравнить полученный результат с табличным.
11. Вычислить абсолютную  $\Delta$  и относительную  $\varepsilon$  погрешности измерений по формулам:  
Сделать вывод по работе.

Форма предоставления результата

Таблица 1

| № опыта | Масса меди, отложившейся на катоде $m, \text{кг}$ | Время пропускания тока $t, \text{с}$ | Величина силы тока $I, \text{А}$ | Электрохимический эквивалент меди $K, \frac{\text{кг}}{\text{Кл} \cdot \text{с}}$ | Абсолютная погрешность $\Delta, \frac{\text{кг}}{\text{Кл} \cdot \text{с}}$ | Относительная погрешность $\varepsilon, \%$ |
|---------|---------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|         |                                                   |                                      |                                  |                                                                                   |                                                                             |                                             |

Контрольные вопросы

1. Чем обусловлен электрохимический ток в электролитах?
2. Как рассчитать массу выделившегося вещества на электроде?
3. От чего зависит электрохимический эквивалент?
4. Какой физический смысл электрохимического эквивалента?
5. Какое оборудование и измерительные приборы нужно иметь, чтобы вычислить электрохимический эквивалент?
6. Назвать рабочую формулу для вычисления электрохимического эквивалента.
7. На каком из электродов выделяется медь в чистом виде и почему?
8. В электролитическую ванну поместим медную пластинку, служащую анодом. Пластика покрыта воском, на котором нацарапан рисунок. Что получится после пропускания тока и удаления воска с пластины?
9. Что такое гальваностегия, гальванопластика.
10. Через раствор медного купороса прошло 20 кКл электричества. При этом на одном из электродов выделилась в

чистом виде массой 6,6 грамм меди. Определить электрохимический эквивалент меди.

11. Сколько никеля выделится при электролизе за 1 час при силе тока 5Ампер, если известно, что молярная масса никеля 58,71г/моль, а валентность равна 2.

12. Определите массу серебра, выделившегося на катоде при электролизе азотнокислого серебра в течение 2часов, если к ванне приложено напряжение 1,2 В, а сопротивление ванны 5 Ом.

13. Электролиз медного купороса проходил при токе 5Ампер в течение 50минут. Какое количество меди выделилось на катоде, если  $k_{Cr} = 3,3 \cdot 10^{-7} \frac{Кл}{Кл}$ .

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент результативности (правильных ответов) <i>от общего числа баллов</i> | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                                                                             | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 90 – 100%                                                                   | 5                                     | Отлично             |
| 80 – 89%                                                                    | 4                                     | Хорошо              |
| 60 – 79%                                                                    | 3                                     | Удовлетворительно   |
| менее 60%                                                                   | 2                                     | Неудовлетворительно |

## Тема 3.3 Электрический ток в различных средах

### Лабораторная работа №13

#### Изучение электрических свойств полупроводников

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

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь:

- самостоятельно собирать электрическую цепь
- применять знания о свойствах полупроводников при выполнении эксперимента
- снимать показания с измерительных приборов

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

Задание

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

#### Порядок выполнения работы

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

Полупроводники могут иметь два типа примесной проводимости: электронную (n-тип), обусловленную донорными примесями, и дырочную (р-тип), обусловленную акцепторными примесями. В n-полупроводнике основные носители заряда – электроны, а в р-полупроводнике - дырки. Кроме основных носителей заряда в каждом веществе в значительно меньшем количестве содержатся и неосновные носители заряда противоположного знака. Они возникают за счет разрушения ковалентных связей.

Если два проводника с проводимостью разного рода привести в контакт, то на месте контакта образуется запирающий слой, который хорошо проводит ток в одном направлении и практически не проводит тока в другом. Это свойство используется в полупроводниковой технике.

Граница соприкосновения двух полупроводников, один из которых имеет электронную, а другой – дырочную проводимость, называется р-п переходом. Практически р-п переход создается не механическим контактом двух полупроводников, а внесением донорных и акцепторных примесей в различные части чистого полупроводника. Эти переходы являются основной большинства современных полупроводниковых приборов.

#### Проверка односторонней проводимости диода.

1. Составить цепь по рисунку 1.

2. Диод Д2 включить в прямом (пропускном) направлении: отметка должна быть обращена к полюсу источника ЭДС.

Замкнуть цепь и отметить показания амперметра. Цепь разомкнуть.

3. Диод Д2 включить в обратном направлении (запорном). Цепь замкнуть и убедиться в отсутствии тока в цепи. Цепь разомкнуть.

4. Результаты наблюдений занести в таблицу 1.

#### Снятие вольтамперной характеристики диода.

1. Составить цепь по схеме рисунка 2:

2. Диод включить в пропускном направлении.

3. Замкнуть цепь. Подобрать положение движка реостата так, чтобы вольтметр показал самое малое напряжение. Снять показания измерительных приборов.

4. Перемещать постепенно движок реостата и снять не менее 7 значений напряжения и силы тока. Разомкнуть цепь.

5. Результаты измерений занести в таблицу 2.

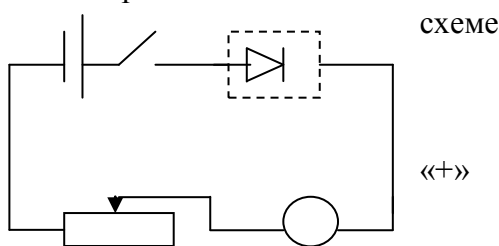


Рис.

6. Построить график зависимости  $I(U)$ . По оси  $OX$  откладывать  $U$  (В), по оси  $OY$  -  $I$  (А).

7. Сделать вывод

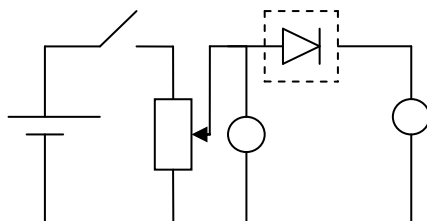


Рис.2

Форма предоставления результата

Таблица 1

Проверка односторонней проводимости диода.

| №<br>п\п | Способ включения | Показания амперметра |
|----------|------------------|----------------------|
|          |                  |                      |
|          |                  |                      |

Таблица 2

Снятие вольтамперной характеристики диода.

| №<br>п\п | Ток, проходящий через<br>диод,<br>$I$ (А) | Напряжение, поданное на<br>диод,<br>$U$ (В) |
|----------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|
|          |                                           |                                             |
|          |                                           |                                             |

Контрольные вопросы

1. В чём различие проводимости проводников и полупроводников?
2. Какой тип полупроводника получится, если к германию добавить примесь фосфора?
3. Какой тип полупроводника получится, если к германию добавить примесь индия?

4. Какое явление наблюдается при встрече свободного электрона с дыркой в полупроводнике?
5. Как можно усилить интенсивность генерации пар «электрон-дырка»
6. Как объяснить увеличение удельного сопротивления полупроводника при уменьшении температуры?
7. Что является в схеме триода входной цепью, а что – выходной?
8. как следует включить в цепь транзистор, чтобы он действовал и как диод в прямом направлении?
9. Что показывает вольт-амперная характеристика диода?

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент результативности<br>(правильных ответов) <i>от общего числа баллов</i> | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                                                                                | Балл<br>(отметка)                     | Вербальный аналог   |
| 90 – 100%                                                                      | 5                                     | Отлично             |
| 80 – 89%                                                                       | 4                                     | Хорошо              |
| 60 – 79%                                                                       | 3                                     | Удовлетворительно   |
| менее 60%                                                                      | 2                                     | Неудовлетворительно |

Тема 4.1 Механические колебания и волны

## Лабораторная работа №14

### Изучение зависимости периода колебаний математического маятника от его длины

Цель работы:

1. Определить период и частоту колебаний математического маятника.
2. Показать зависимость периода и частоты колебаний от длины самого маятника

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь:

- определять период и частоту колебаний математического маятника.
- устанавливать зависимость периода и частоты колебаний от длины самого маятника
- строить графики

Материальное обеспечение: штатив с держателем, шарик, подвешенный на нити длиной около метра, линейка, секундомер.

Задание

1. Изучить колебательное движение нитяного маятника.
2. Определить период и частоту при колебаниях маятника с разной длиной нити.
3. Выяснить, как эти характеристики зависят от длины маятника.

Порядок выполнения работы

1. Измерить длину нити
2. Подсчитать число колебаний, время  $T = \frac{t}{n}$  и вычислить период колебаний по формуле:
3. Изменить длину нити, посчитать число колебаний, время и вычислить период колебаний при данной длине.
4. Данные измерений и вычислений занести в таблицу
5. Определить частоту колебаний по формуле:  $\nu = \frac{1}{T}$
6. Полученные данные занести в таблицу 1.

7. Сравнить период и частоту математического маятника, полученные разными способами.
8. Сделать вывод по работе.

Форма предоставления результата

Таблица 1.

| № опыта                      | 1 | 2 |
|------------------------------|---|---|
| Длина маятника $l$ , м       |   |   |
| Число колебаний $n$          |   |   |
| Время колебаний $t$ , с      |   |   |
| Период колебаний $T$ , с     |   |   |
| Частота колебаний $\nu$ , Гц |   |   |

### Контрольные вопросы

#### 1 вариант

1. Что называют колебанием? Когда колебания называются свободными, вынужденными, собственными?
2. Какая сила называется возвращающей?
3. Сформулируйте определение математического маятника.
4. Что называется фазой колебания?
5. При каких условиях можно наблюдать явление механического резонанса?
6. Маятник совершил 20 колебаний за 1 минуту 10 секунд. Найти период, частоту и циклическую частоту колебаний.
7. Уравнение колебаний имеет вид:  $X=8 \cos 0,8t$ . Определить  $X_0$ ,  $T$ ,  $\nu$ ,  $\phi_0$ .
8. Найти массу груза, который на пружине жесткостью 350 Н/м делает 30 колебаний.

#### 2 вариант

2. Какие условия необходимы для возникновения и поддержания колебаний?
3. Каково различие между затухающими и незатухающими колебаниями?
4. Что называется периодом колебаний, в каких единицах он измеряется?

5. Как зависит период колебаний математического маятника от его длины?
6. При каких условиях можно наблюдать явление механического резонанса?
7. Сколько колебаний совершает математический маятник длиной 2 метра за 6 минут? Какова собственная частота этих колебаний?
8. Уравнение колебаний имеет вид:  $X=10 \cos 1,2t$ . Определить  $X_0$ ,  $T$ ,  $\nu$ ,  $\phi_0$ .
9. Найти частоту колебаний груза массой 200грамм, подвешенного к пружине жесткостью 16 Н/м.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент результативности (правильных ответов) <i>от общего числа баллов</i> | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                                                                             | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 90 – 100%                                                                   | 5                                     | Отлично             |
| 80 – 89%                                                                    | 4                                     | Хорошо              |
| 60 – 79%                                                                    | 3                                     | Удовлетворительно   |
| менее 60%                                                                   | 2                                     | Неудовлетворительно |

Тема 4.2 Электромагнитные колебания и волны

## Лабораторная работа №15

### Изучение устройства трансформатора, генератора.

Цель работы: изучить устройство и принцип работы трансформатора. генератора.

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь:

- различать виды трансформаторов и их назначение

Материальное обеспечение: трансформатор лабораторный, лампа накаливания, ключ замыкания тока, комплект проводов соединительных.

Задание

1. Изучить строение, назначение и принцип действия трансформатора
2. Изучить строение, назначение и принцип действия генератора.

Порядок выполнения работы

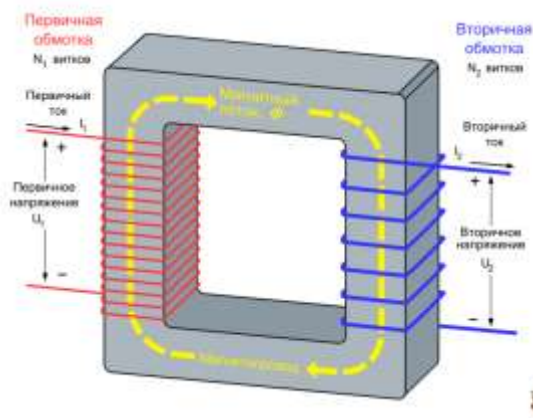
Изучение устройства трансформатора

Трансформатор преобразует переменный ток одного напряжения при неизменной частоте. Он состоит из замкнутого сердечника, изготовленного из специальной листовой трансформаторной стали, на котором располагаются две катушки (их называют обмотками) с разным числом витков из медной проволоки.

Одна из обмоток, называется первичной, подключается к источнику переменного напряжения. Устройства, потребляющие электроэнергию, подключаются к вторичной обмотке, их может быть несколько.

При выполнении работы следует изучить устройство трансформатора, включить его в сеть переменного тока (36 В). В режиме холостого хода измерить напряжение на обмотках и вычислить коэффициент трансформации, а при работе трансформатора «под нагрузкой» установить связь между токами и напряжением в обмотках.

Трансформатор состоит из двух катушек и сердечника. Сердечник состоит из двух половин, которые



вставляют в катушку и с помощью скобы закрепляют на основании.

Ход работы

1. Рассмотрите устройство трансформатора. Определите первичную обмотку (клеммы с надписью: 36 или 42 В) и две вторичных клеммы 2,2 В и 4,4 В)
2. Начертите электрическую схему трансформатора.
3. Разберите трансформатор. Для этого поверните его основанием вверх и открутите две гайки крепления скобы. Выньте сердечник и рассмотрите его устройство.
4. Соберите трансформатор. Для этого вставьте сердечник со скобой в катушки. Установите трансформатор на основание и закрепите его гайками.

Изучение устройства генератора.

Генератор постоянного тока (рис. 1) состоит из двух частей: неподвижной и вращающейся. Неподвижная часть (статор) является остовом машины и одновременно служит для создания магнитного потока. Во вращающейся части, называемой якорем (ротором), индуцируется электродвижущая сила - ЭДС.

Конструкция генератора постоянного тока (см. рис.2).

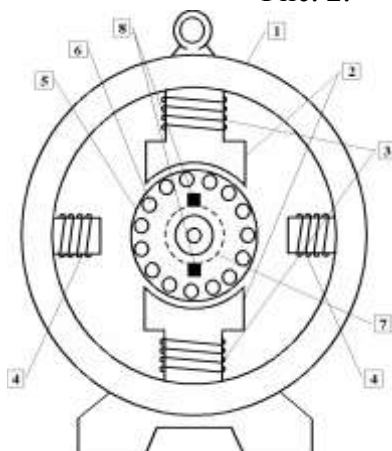
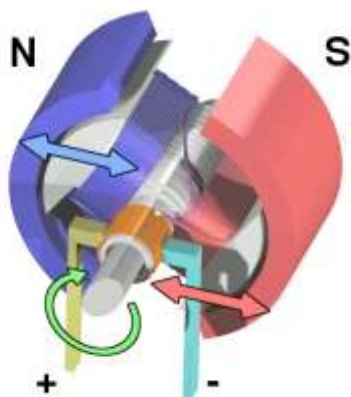
Неподвижная часть состоит из станины (1), главных полюсов (2) с обмоткой возбуждения (3) и дополнительных полюсов (4), уменьшаемых искрение под щетками.

Якорь имеет сердечник (5), набираемый из тонких стальных листов, обмотку якоря (6), заложенную в пазы сердечника и коллектор (7). На поверхность коллектора наложены угольно-графитовые щетки (8), обеспечивающие скользящий контакт с обмоткой вращающегося якоря. Коллектор имеет форму цилиндра и выполняется из изолированных медных пластин - ламелей - к которым подсоединены секции якорной обмотки. Вращаясь вместе с обмоткой, коллектор выполняет роль механического выпрямителя.

Обмотка возбуждения создает главный магнитный поток  $\Phi$  полюсов. В генераторах с независимым возбуждением она питается от постороннего источника постоянного тока (выпрямителя, аккумулятора и т.п.). С генератором с параллельным возбуждением обмотка главных полюсов подключена к главным щеткам, т.е. параллельно цепи якоря. В связи с этим для возникновения магнитного потока и ЭДС необходим хотя бы слабый остаточный магнитный поток. Благодаря наличию остаточного магнетизма возникает процесс самовозбуждения генератора.

Рис. 1.

Рис. 2.



Форма  
предоста  
вления

результата

### Изучение устройств трансформатора

б. Строение трансформатора начертить, составные части указать, формулы записать, на контрольные вопросы ответить.

### Изучение устройства генератора.

2. Строение генератора начертить, составные части указать, формулы записать, на контрольные вопросы ответить.

Контрольные вопросы

1 вариант

1. Что называют индукционными генераторами?

2. Какой трансформатор называют повышающим, а какой понижающим?

3. Что такое холостой ход трансформатора?

4. Почему сердечник трансформатора изготавливают из стали, а не из меди?

5. В первичной обмотке трансформатора, включенной в сеть с напряжением 380В. Содержится 1320 витков. Определить напряжение на вторичной обмотке, если она содержит 300 витков. Вид трансформатора указать, ответ пояснить.

2 вариант

1. Назовите основные части генератора переменного тока.

2. Доказать, что у повышающего трансформатора  $K > 1$ .

3. Изменяет ли трансформатор частоту преобразуемого переменного тока?

4. Почему сердечник трансформатора собирают из отдельных пластин?

5. Если на первичную обмотку трансформатора подаётся 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.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент результативности (правильных ответов) <i>от общего числа баллов</i> | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                                                                             | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 90 – 100%                                                                   | 5                                     | Отлично             |
| 80 – 89%                                                                    | 4                                     | Хорошо              |
| 60 – 79%                                                                    | 3                                     | Удовлетворительно   |
| менее 60%                                                                   | 2                                     | Неудовлетворительно |

Тема 5.1 Природа света. Волновые свойства света

Лабораторная работа №16

Определение показателя преломления стекла

Цель работы: определить показатель преломления стекла экспериментальным путем.

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь:

- определять показатель преломления стекла экспериментальным путем.
- измерять углы
- строить ход лучей через призму

Материальное обеспечение: пластинка с параллельными гранями; булавки; чистый лист бумаги; лист картона; транспортир; подъемный столик; таблица значения тригонометрических функций.

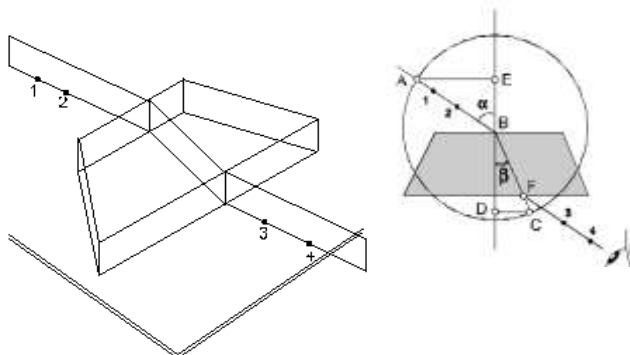
Задание

1. Построить ход светового луча через стеклянную пластину.
2. Проанализировать ход светового луча через стеклянную пластину.
3. Определить показатель преломления стекла и рассчитать погрешность эксперимента.

Порядок выполнения работы

1. На подъемный столик положить чистый лист бумаги с подложенным снизу картоном.
2. С одной стороны стекла наколоть две булавки 1 и 2 так, чтобы прямая, проходящая через них, составляла угол  $\alpha_1$  с перпендикуляром к плоскости пластинки (см. рис.1).

3. Поднять рисунок на уровне глаз



и, наблюдая через пластинку, наколоть две другие булавки так, чтобы все четыре булавки оказались на одной прямой.

4. Стекло и булавки снять, места наколов отметить точками 1,2,3,4 и через них провести прямые линии до пересечения с границами стекла (рис.2). Провести через точки 2 и 3 перпендикуляры к границам сред АВ и CD.

5. Транспортиром измерить углы падения  $\alpha$  и углы преломления  $\beta$ .

6. По таблице значений синусов определить синусы измеренных углов.

7. Вычислить коэффициент преломления по формуле:

8. Опыт повторить три раза.

9. Результаты измерений, вычислений и табличные данные записать в таблицу 1.

10. Вычислить абсолютную ( $\Delta$ ) и относительную ( $\varepsilon$ ) погрешности по формулам:

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{n_{\text{табл.}}} \cdot 100\%$$

$$\Delta = |n_{\text{табл.}} - n_{\text{ср.}}|$$

11. Сделать вывод по работе

Таблица 1

Форма предоставления результата

| № опыта | Угол падения светового луча $\alpha, ^\circ$ | Угол преломления светового луча $\beta, ^\circ$ | Коэффициент Преломления $n$ | Среднее значение коэффициента преломления $n_{\text{ср}}$ | Табличное значение коэффициента преломления $n_{\text{табл.}}$ | Абсолютная погрешность $\Delta$ | Относительная погрешность $\varepsilon, \%$ |
|---------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|
| 1       |                                              |                                                 |                             |                                                           |                                                                |                                 |                                             |
| 2       |                                              |                                                 |                             |                                                           |                                                                |                                 |                                             |
| 3       |                                              |                                                 |                             |                                                           |                                                                |                                 |                                             |

Контрольные вопросы и задачи

1. Что называют световым лучом?
2. Сформулируйте закон отражения света.
3. Каков физический смысл показателя преломления света?
4. Чем отличается абсолютный показатель преломления света от относительного?
5. Сформулируйте закон преломления света.
6. Что называют полным отражением света?
7. Какова скорость распространения света в вакууме?
8. Что называется оптической плотностью вещества?
9. Луч света переходит из среды оптически более плотной в среду оптически менее плотную. Как изменяется при этом частота колебаний и длина волны?
10. В чем состоит принцип Гюйгенса?
11. Луч переходит из воды в стекло. Угол падения  $\alpha = 30^\circ$ . Найти угол преломления. ( $n_v = 1,3$ ;  $n_{ст} = 1,6$ ).
12. Угол преломления света в глицерине  $45^\circ$ . Найти угол падения в воздухе ( $n_{гл} = 1,47$ ).
13. Луч падает на поверхность воды под углом  $30^\circ$ . Под каким углом должен упасть луч на поверхность алмаза, чтобы угол преломления остался таким же? ( $n_{возд.} = 1$ ,  $n_{воды} = 1,33$ ,  $n_{алм.} = 2,42$ ).
14. Найти разность скоростей света в воде и стекле, если  $n_{воды} = 1,33$ ,  $n_{стек.} = 1,5$ .
15. Определить предельный угол полного отражения для воды, стекла, алмаза. ( $n_{ст.} = 1,6$ ;  $n_{воды} = 1,33$ ,  $n_{алм.} = 2,42$ ) (Отв.:  $\alpha_{01} = 49^\circ$ ,  $\alpha_{02} = 40^\circ$ ,  $\alpha_{03} = 24^\circ$ ).

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент<br>результативности<br>(правильных<br>ответов) <i>от</i><br><i>общего числа</i><br><i>баллов</i> | Качественная оценка уровня<br>подготовки |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------|
|                                                                                                          | Балл<br>(отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 90 – 100%                                                                                                | 5                                        | Отлично             |
| 80 – 89%                                                                                                 | 4                                        | Хорошо              |
| 60 – 79%                                                                                                 | 3                                        | Удовлетворительно   |
| менее 60%                                                                                                | 2                                        | Неудовлетворительно |

## Тема 5.1 Природа света. Волновые свойства света

### Лабораторная работа №17

#### Наблюдение интерференции и дифракции света

Цель работы: экспериментальным путём пронаблюдать интерференцию и дифракцию света

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь:

- анализировать волновые процессы света

Материальное обеспечение: пластины стеклянные – 2 шт., лампа с прямой нитью накала, штангенциркуль.

Задание

1. Пронаблюдать и изучить интерференционные картины.
2. Пронаблюдать и изучить дифракционные спектры.

Порядок выполнения работы

Наблюдение интерференции света.

1. Стеклянные пластины тщательно протереть, сложить вместе и сжать пальцами.
2. Рассмотреть пластины в отражённом свете на тёмном фоне (располагать их надо так, чтобы на поверхности стекла не образовывались слишком яркие блики от окон или от белых стен).

3. В отдельных местах соприкосновения пластин наблюдать яркие радужные кольцообразные или неправильной формы полосы.
4. Заметить изменение формы и расположения полученных интерференционных полос с изменением нажима.
5. Попытаться увидеть интерференционную картину в проходящем свете.

#### Наблюдение дифракции света.

1. Установить между губками штангенциркуля щель шириной 0,5 мм.
2. Приставить щель вплотную к глазу, расположив её вертикально.
3. Смотря сквозь щель на вертикально расположенную светящуюся нить, наблюдать по обе стороны нити радужные полосы (дифракционные спектры).
4. Изменяя ширину щели от 0,5 до 0,8 мм, заметить, как это влияет на дифракционные спектры.
5. Заполнить таблицу 1, сделать вывод по наблюдаемым явлениям.

#### Форма предоставления результата

Таблица 1

| №<br>п\п | интерференция |                                   | дифракция             |                                  |
|----------|---------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
|          | Нажатие       | Вид<br>интерференционных<br>полос | Размер<br>щели,<br>мм | Вид<br>дифракционного<br>спектра |
| 1        | сильное       |                                   | 0,5                   |                                  |
| 2        | среднее       |                                   | 0,6                   |                                  |
| 3        | слабое        |                                   | 0,8                   |                                  |

#### Контрольные вопросы

1. Как получают когерентные световые волны?
2. В чём состоит явление интерференции света?
3. С какой физической характеристикой световых волн связано различие в цвете?

4. После удара камнем по прозрачному льду возникают трещины, переливающиеся всеми цветами радуги. Почему?
5. Перечислите основные применения интерференции.
6. Что называют дифракцией света? Когда она наблюдается?
7. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент результативности<br>(правильных ответов) <i>от общего числа баллов</i> | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                                                                                | Балл<br>(отметка)                     | Вербальный аналог   |
| 90 – 100%                                                                      | 5                                     | Отлично             |
| 80 – 89%                                                                       | 4                                     | Хорошо              |
| 60 – 79%                                                                       | 3                                     | Удовлетворительно   |
| менее 60%                                                                      | 2                                     | Неудовлетворительно |

Тема 5.1 Природа света. Волновые свойства света

### Лабораторная работа №18

Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки

Цель работы: изучение явления дифракции и определения длины волны света

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь:

-определять длину световой волны с помощью дифракционной решетки

-применять формулу дифракционной решетки

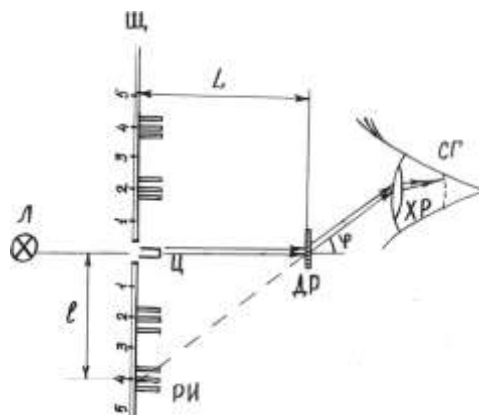
Материальное обеспечение: дифракционная решетка, источник света, установка для наблюдения дифракционной картины

Задание

1. В ходе эксперимента пронаблюдать дифракцию света.
2. Опытным путем вычислить длину световой волны.

Порядок выполнения работы

Схема  
Установка  
наблюдения



установки  
для

дифракционной картины состоит из деревянной рейки, на которой укреплен дифракционная решётка ДР. По рейке перемещается щиток Щ с узкой щелью и линейкой с миллиметровой шкалой. Роль линзы выполняет хрусталик глаза ХР. Изображение щели образуется на сетчатке глаза СГ и наблюдается на фоне миллиметровой шкалы. Размерами глазного яблока и расстоянием от глаз до решётки можно пренебречь по сравнению с расстоянием от щели до решётки L. Щель освещается электрической лампочкой Л. Если смотреть на освещённую светом щель через дифракционную решётку, то

кроме центрального Ц изображения щели в белом свете по обе стороны видны её симметричные радужные изображения РИ (спектры). Угол дифракции определяется по положению дифракционного максимума на миллиметровой шкале.

Из геометрических построений ясно, что  $l/L = \operatorname{tg} \varphi$ , где  $l$  – расстояние от центрального изображения щели ( $k = 0$ ) до одного из боковых изображений;  $L$  – расстояние от решётки до щели. Учитывая, что  $\operatorname{tg} \varphi \approx \sin \varphi$  для малых углов дифракции, получим

$$l/L \approx \sin \varphi \quad (1)$$

Используя формулу (1) и условие главного максимума интенсивности света, прошедшего сквозь решетку

$$c \sin \varphi = k \lambda,$$

где  $c$  – постоянная решетки (или другое название – период решетки)  $k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$  – номер или порядок максимума, получим выражение для вычисления длины волны  $\lambda$ , в котором все величины легко измеряются на установке:

$$\lambda = \frac{l \cdot c}{k \cdot L} \quad (2)$$

Выполнение работы

1. Включите установку в сеть.
2. Приблизив глаз к дифракционной решётке, направьте прибор на источник света так, чтобы были видны по обе стороны от щели на щитке дифракционные спектры 1-го и 2-го порядков.
3. Замерьте расстояние  $L$  – от щитка до дифракционной решётке .
4. Замерьте расстояние  $l$  – от середины центрального максимума до середины максимума первого порядка синего цвета.
5. По формуле (2) вычислите длину волны синего цвета.
6. Опыт проделайте для второго порядка синего цвета. Полученные данные занесите в таблицу.
7. Аналогичные измерения проведите для желтого, зеленого и красного цветов по указанию преподавателя.

8. Рассчитайте отклонение от среднего  $\Delta\lambda = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{2}$  и

занесите в таблицу.

9. Сделайте вывод по работе.

Форма предоставления результата

1. Заполнить таблицу 1, сделав необходимые расчёты под таблицей.

| Цвет    | k | <i>l</i> см | $\lambda$ , нм | $\langle\lambda\rangle$ , нм | $\Delta\lambda$ , нм |
|---------|---|-------------|----------------|------------------------------|----------------------|
| синий   | 1 |             |                |                              |                      |
|         | 2 |             |                |                              |                      |
| зеленый | 1 |             |                |                              |                      |
|         | 2 |             |                |                              |                      |
| желтый  | 1 |             |                |                              |                      |
|         | 2 |             |                |                              |                      |
| красный | 1 |             |                |                              |                      |

Контрольные вопросы.

1. Что такое дифракция? В каких конкретных явлениях она проявляется?
2. Как формулируется принцип Гюйгенса-Френеля?
3. Что такое главные максимумы? Как они возникают?
4. Что такое дифракционные минимумы? Какова их природа?
5. Что происходит с дифракционной картиной при увеличении числа щелей N? (Пояснить графически).
6. Что такое дифракционная решетка? Как она изготавливается?
7. Как записать и объяснить формулу главных максимумов (формулу дифракционной решетки)?
8. Какая картина наблюдается на экране при освещении решетки белым светом, светом ртутной лампы?
9. Начиная с какого порядка  $m$  перекрываются дифракционные спектры видимого света?
10. Какова роль линзы зрительной трубы в образовании дифракционной картины? Можно ли линзу заменить глазом?
11. На каком расстоянии от линзы зрительной трубы следует установить экран для наблюдения дифракционной картины?
12. Какое применение имеет дифракция в науке и технике?

13. Объясните возникновение белой полосы в центре дифракционной картины при освещении белым светом.
14. Каков порядок следования цветов в дифракционных спектрах?

Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент результативности (правильных ответов) <i>от общего числа баллов</i> | Качественная оценка уровня подготовки |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                                                                             | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог   |
| 90 – 100%                                                                   | 5                                     | Отлично             |
| 80 – 89%                                                                    | 4                                     | Хорошо              |
| 60 – 79%                                                                    | 3                                     | Удовлетворительно   |
| менее 60%                                                                   | 2                                     | Неудовлетворительно |

Тема 5.1 Природа света. Волновые свойства света

### Лабораторная работа №19

#### Наблюдение сплошного и линейчатого спектров

Цель работы: экспериментальным путём пронаблюдать спектры испускания и поглощения предлагаемых веществ.

Выполнив работу, Вы будете:

Уметь:

-пользоваться спектрометром

-применять специальное оборудование на практике

Материальное обеспечение: проекционный аппарат, спектральные трубки с водородом, неоном или гелием, высоковольтный индуктор, батарея аккумуляторов, штатив, соединительные провода (общие на аудиторию), стеклянная пластина со скошенными гранями (выдаётся каждому).

Задание

1. Пронаблюдать образование спектров испускания и поглощения.
2. Выявить причину образования спектра.

Порядок выполнения работы

Если излучение источника света направить на стеклянную призму, на пути прошедших через призму лучей поставить экран, то на экране можно наблюдать набор цветных полос – спектр. Причина наблюдаемого явления состоит в том, что световые лучи имеют одинаковую скорость  $C$  в вакууме, а в другой среде, (например, в стекле) их скорость неодинакова и зависит от частоты колебаний. Так как коэффициент преломления зависит от скорости распространения световых волн, то лучи разных частот определяются по-разному.

1. Расположить пластину горизонтально перед глазом. Сквозь грани, составляющие угол  $45^0$ , наблюдать светлую вертикальную полосу на экране – изображение раздвижной щели проекционного аппарата.
2. Выделить основные цвета полученного сплошного спектра и записать их в наблюдаемой последовательности.
3. Повторить опыт, рассматривая полосы через грани, образующие угол  $60^0$ . Записать различия в виде спектров.
4. Наблюдать линейчатые спектры водорода, гелия или неона, рассматривая светящиеся спектральные трубки сквозь грани спектральной пластины. Записать наиболее яркие линии спектров.
5. Результаты наблюдений представить в таблице 1.
6. Сделать вывод по работе.

| № п\п | Расположение граней пластин под углом | Наблюдение сплошного спектра | Линейчатый спектр водорода | Линейчатый спектр гелия | Линейчатый спектр неона |
|-------|---------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1     | 45 <sup>0</sup>                       |                              |                            |                         |                         |
| 2     | 60 <sup>0</sup>                       |                              |                            |                         |                         |

### Контрольные вопросы

1. Какова причина разложения белого света призмой?
2. Как объяснить происхождение линейчатых спектров?
3. В чём различие дифракционного и дисперсионного спектров?
4. Почему по спектрам звёзд можно определить их химический состав?
5. Изменится ли цвет зелёного луча при переходе из воздуха в воду? Почему?

### Критерии оценки:

За правильно выполненное задание выставляется положительная оценка – 1 балл.

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

Каждое задание оценивается отдельно:

Заполнение таблиц-1 балл

ответы на контрольные вопросы- в зависимости от количества задач

решение задач- в зависимости от количества задач

| Процент результативности (правильных ответов) от общего числа баллов | Качественная оценка уровня подготовки |                   |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|
|                                                                      | Балл (отметка)                        | Вербальный аналог |
|                                                                      |                                       |                   |

|           |   |                     |
|-----------|---|---------------------|
| 90 – 100% | 5 | Отлично             |
| 80 – 89%  | 4 | Хорошо              |
| 60 – 79%  | 3 | Удовлетворительно   |
| менее 60% | 2 | Неудовлетворительно |