

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ  
«ЧЕРЕМХОВСКИЙ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ ИМ. М.И. ЩАДОВА»**

Рассмотрено на  
заседании ЦК  
Протокол №6  
«05» февраля 2025г.  
Н.А. Жук

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора  
\_\_\_\_\_ О.В. Папанова  
«26» мая 2025 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по практическим занятиям студентов  
учебной дисциплины

***ОУД.11 Физика***

***13.02.13 Эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического  
оборудования (по отраслям)***

Разработал:  
Солодовников В.В.

2025 г.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

|                                                                      | СТР. |
|----------------------------------------------------------------------|------|
| 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА                                             | 3    |
| 2. ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ<br>ЗАНЯТИЙ                   | 5    |
| 3. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ И<br>ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ                 | 8    |
| 4. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ                                        | 47   |
| 5. ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ,<br>ВНЕСЁННЫХ В МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ | 48   |

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания по лабораторным и практическим занятиям учебной дисциплины **«Физика»** составлены в соответствии с учебным планом и рабочей программы по специальности **13.02.13 Эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)**

Цель проведения лабораторных и практических занятий: формирование практических умений, необходимых в последующей профессиональной и учебной деятельности.

Методические указания практических занятий являются частью учебно-методического комплекса по учебной дисциплине и содержат: тему занятия, цель, оборудование, методические указания, ход выполнения, форму отчета.

В результате выполнения полного объема заданий практических знаний студент должен уметь:

- 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;
- владение основополагающими физическими понятиями, закономерностями, законами и теориями; уверенное использование физической терминологии и символики;
- владение основными методами научного познания, используемыми в физике: наблюдение, описание, измерение эксперимент;
- умение обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы;
- сформированность умения решать физические задачи;
- сформированность умения применять полученные знания для объяснения условия протекания физических явлений в природе, в профессиональной сфере и для практических решений в повседневной жизни;
- сформированность собственной позиции по отношению к физической информации, получаемой из различных источников.

При проведении лабораторных (практических) работ применяются следующие технологии и методы обучения: исследование, эксперимент.

### **Оценка выполнения практических (лабораторных) занятий**

**«Отлично»** - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, все предусмотренные программой учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено высоко.

**«Хорошо»** - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, все предусмотренные программой учебные задания выполнены, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**«Удовлетворительно»** - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий содержат ошибки.

**«Неудовлетворительно»** - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки.

В соответствии с учебным планом и рабочей программы дисциплины «**Физика**» на лабораторные занятия отводится **38** часов и на практические занятия **52** часа.

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

| № п/п | Тема лабораторных занятий                                                                                    | Кол-во часов |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1.    | <b>Лабораторное занятие №1</b><br>Изучение одного из изопротессов                                            | 2            |
| 2.    | <b>Лабораторное занятие №2</b><br>«Определение влажности воздуха»                                            | 2            |
| 3.    | <b>Лабораторное занятие №3</b><br>Определение электрической емкости конденсаторов                            | 2            |
| 4.    | <b>Лабораторное занятие №4</b><br>«Определение коэффициента теплового расширения твердого тела»              | 1            |
| 5.    | <b>Лабораторное занятие №5</b><br>«Определение электроёмкости плоского конденсатора с помощью гальванометра» | 2            |
| 6.    | <b>Лабораторное занятие №6</b><br>«Определение удельного сопротивления проводника»                           | 2            |
| 7.    | <b>Лабораторное занятие №7</b><br>«Проверка законов последовательного соединения проводников»                | 2            |
| 8.    | <b>Лабораторное занятие №8</b><br>«Проверка законов параллельного соединения проводников»                    | 2            |
| 9.    | <b>Лабораторное занятие №9</b><br>«Определение Э.Д.С. и внутреннего сопротивления источника напряжения»      | 2            |
| 10.   | <b>Лабораторное занятие №10</b><br>«Определение электрохимического эквивалента меди»                         | 2            |
| 11.   | <b>Лабораторное занятие №11</b><br>«Определение электромагнитной индукции»                                   | 2            |
| 12.   | <b>Лабораторное занятие №12</b><br>«Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки»        | 2            |
| 13.   | <b>Лабораторное занятие №13</b><br>«Определение коэффициента преломления стекла»                             | 2            |
| 14.   | <b>Лабораторное занятие №14</b><br>«Изучение работы трансформатора»                                          | 2            |
| 15.   | <b>Лабораторное занятие №15</b><br>«Определение показателя преломления стекла»                               | 2            |
| 16.   | <b>Лабораторное занятие №16</b><br>«Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки»        | 2            |
| 17.   | <b>Лабораторное занятие №17</b><br>«Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки»        | 3            |
| 18.   | <b>Лабораторное занятие №18</b><br>«Наблюдение сплошного и линейчатого спектров»                             | 2            |
| 19.   | <b>Лабораторное занятие №19</b><br>«Изучение карты звездного неба»                                           | 2            |
|       | Итого практических занятий                                                                                   | 38           |

| № п/п | Тема практических занятий | Кол-во часов |
|-------|---------------------------|--------------|
|-------|---------------------------|--------------|

|     |                                                                                                                                              |   |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 1.  | <b>Практическое занятие №1</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Кинематика»                                        | 2 |
| 2.  | <b>Практическое занятие № 2.</b><br>Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Законы сохранения импульса»                   | 2 |
| 3.  | <b>Практическое занятие № 3.</b><br>Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Законы сохранения механики»                   | 2 |
| 4.  | <b>Практическая работа № 4</b><br>Решение задач с профессиональной направленностью по теме: « Динамика материальной точки»                   | 2 |
| 5.  | <b>Практическое занятие № 5</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме «Газовые законы»                                    | 2 |
| 6.  | <b>Практическая работа № 6</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Применение первого и второго закона термодинамики» | 2 |
| 7.  | <b>Практическое занятие №7</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Испарение и конденсация»                           | 2 |
| 8.  | <b>Практическое занятие № 8</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Абсолютная и относительная влажность воздуха»     | 2 |
| 9.  | <b>Практическое занятие № 9</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «КПД тепловой машины»                              | 2 |
| 10. | <b>Практическое занятие № 10</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Электродинамика»                                 | 2 |
| 11. | <b>Практическая занятие № 11</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Закон Ома для участка цепи»                      | 2 |
| 12. | <b>Практическая занятие № 12</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Закон Ома для полной цепи»                       | 2 |
| 13. | <b>Практическая занятие № 13</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Закон Джоуля-Ленца»                              | 2 |
| 14. | <b>Практическое занятие № 14</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Сила Ампера»                                     | 2 |
| 15. | <b>Практическое занятие № 15</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Сила Лоренца»                                    | 2 |
| 16. | <b>Практическое занятие № 16</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Электромагнитная индукция»                       | 2 |
| 17. | <b>Практическое занятие № 17</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Правило Ленца»                                   | 2 |
| 18. | <b>Практическое занятие № 18</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Энергия магнитного поля»                         | 2 |
| 19. | <b>Практическое занятие № 19</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Трансформатор»                                   | 2 |
| 20. | <b>Практическое занятие № 20</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Тонкая линза»                                    | 2 |

|     |                                                                                                                                       |    |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|     |                                                                                                                                       |    |
| 21. | <b>Практическое занятие № 21</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Волновые свойства света»                  | 2  |
| 22. | <b>Практическое занятие № 22</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Фотоэффект»                               | 2  |
| 23. | <b>Практическое занятие № 23</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Ядерные реакции»                          | 2  |
| 24. | <b>Практическое занятие № 24</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Квантовая физика»                         | 2  |
| 25. | <b>Практическая работа №25</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Законы движения небесных тел»               | 2  |
| 26. | <b>Практическое занятие № 26</b> Решение задач с профессиональной направленностью по теме: «Определение параметров Солнечной системы» | 2  |
|     | Итого практических занятий                                                                                                            | 52 |

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

#### Лабораторное занятие №1

**Тема:** Изучение одного из изопроцессов»

**Цель:** работы: опытным путем проверить справедливость одного изопроцесса – изобарного.

**Оборудование:** стеклянная трубка (пробирка), запаянная с одного конца, длиной 600 мм и диаметром 8-10 мм; цилиндрический сосуд высотой 600 мм и диаметром 40-50 мм, наполненный горячей водой ( $t \approx 60^\circ\text{C}$ ).

**Методические указания:** выполните задания

**Ход выполнения:**

**Задание 1.**

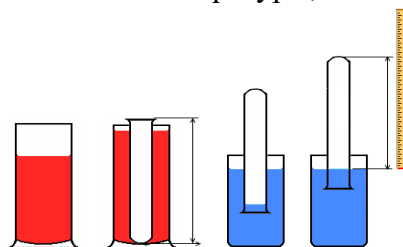
Краткие теоретические сведения

Чтобы проверить закон Гей-Люссака, достаточно измерить объем и температуру газа в двух состояниях при постоянном давлении и поверить справедливость равенства:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Это можно осуществить, используя воздух при атмосферном давлении.

Стеклянная трубка открытым концом помещается на 3-5 мин в цилиндрический сосуд с горячей водой. В этом случае объем воздуха  $V_1$  равен объему стеклянной трубки, а температура - температуре горячей воды  $T_1$ . Это первое состояние. Чтобы при переходе воздуха в следующее состояние его количество не изменилось, открытый конец стеклянной трубки, находящейся в горячей воде, замазывают пластилином. После этого трубку вынимают из сосуда с горячей водой, и замазанный конец быстро опускают в стакан с водой комнатной температуры, а затем прямо под водой снимают пластилин. По мере охлаждения трубки вода в ней начинает подниматься. После прекращения подъема воды в трубке объем воздуха в ней станет равным  $V_2 < V_1$ , а давление  $p = p_{\text{атм}} - \rho gh$ . Чтобы давление воздуха в трубке вновь стало равным атмосферному, необходимо увеличивать глубину погружения трубки в стакан до тех пор, пока уровни воды в трубке и в стакане не выровняются. Это будет второе состояние воздуха в трубке при температуре  $T_2$  окружающего воздуха. Отношение объемов воздуха в трубке в первом и втором состояниях,



воздуха в  
ней  
Чтобы  
воды в

если сечение трубки постоянно по всей длине  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{Sl_1}{Sl_2} = \frac{l_1}{l_2}$ ). Поэтому в работе следует сравнить отношения  $\frac{l_1}{l_2}$  и  $\frac{T_1}{T_2}$ . Длина воздушного столба измеряется линейкой, температура - термометром.

### Задание 2.

1. Подготовьте бланк отчета с таблицей для записи результатов измерений и вычислений. Инструментальные погрешности определяются с помощью таблицы №1 (см. приложение №1).

Отчетная таблица

| Измерено           |                    |                      |                      | Вычислено |                           |                         |                   |                   |                          |                          |                        |                   |                 |            |                   |                 |            |
|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-----------|---------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------|-----------------|------------|-------------------|-----------------|------------|
| $l_1$<br><i>мм</i> | $l_2$<br><i>мм</i> | $t_1$<br>$^{\circ}C$ | $t_2$<br>$^{\circ}C$ | <i>мм</i> | $\Delta_0 l$<br><i>мм</i> | $\Delta l$<br><i>мм</i> | $T_1$<br><i>K</i> | $T_2$<br><i>K</i> | $\Delta_n T$<br><i>K</i> | $\Delta_0 T$<br><i>K</i> | $\Delta T$<br><i>K</i> | $\frac{l_1}{l_2}$ | $\varepsilon_1$ | $\Delta_l$ | $\frac{T_1}{T_2}$ | $\varepsilon_T$ | $\Delta_T$ |
|                    |                    |                      |                      |           |                           |                         |                   |                   |                          |                          |                        |                   |                 |            |                   |                 |            |

$\Delta_u l$  - абсолютная инструментальная погрешность линейки,

$\Delta_0 l$  - абсолютная погрешность отсчета расстояния,

$\Delta l$  - максимальная абсолютная погрешность измерения расстояния,

$\Delta_u T$  - абсолютная инструментальная погрешность термометра,

$\Delta_0 T$  - абсолютная погрешность отсчета температуры,

$\Delta T$  - максимальная абсолютная погрешность измерения температуры.

2. Подготовьте стакан с водой комнатной температуры и сосуд с горячей водой.

3. Измерьте длину  $l_1$  стеклянной трубки и температуру воды в цилиндрическом сосуде.

4. Приведите воздух в трубке во второе состояние так, как об этом было сказано выше.

Измерьте длину  $l_2$  воздушного столба в трубке и температуру окружающего воздуха  $T_2$ .

5. Вычислите отношение  $\frac{l_1}{l_2}$  и  $\frac{T_1}{T_2}$ , относительные и абсолютные погрешности измерений

этих отношений по формулам

$$\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l_1} + \frac{\Delta l}{l_2}; \quad \Delta_l = \frac{l_1}{l_2} \cdot \varepsilon_1$$

$$\varepsilon_T = \frac{\Delta T}{T_1} + \frac{\Delta T}{T_2}; \quad \Delta_T = \frac{T_1}{T_2} \cdot \varepsilon_2$$

6. Сравните отношение  $\frac{l_1}{l_2}$  и  $\frac{T_1}{T_2}$ .

7. Сделайте вывод о справедливости закона Гей-Люссака.

### Задание 3.

Контрольные вопросы:

1. Почему после погружения стеклянной трубки в стакан с водой комнатной температуры и после снятия пластина вода в трубке поднимается?

2. Почему при равенстве уровней воды в стакане и в трубке давление воздуха в трубке равно атмосферному?

**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю

**Лабораторное занятие №2**

**Тема: Измерение влажности воздуха**



**Цель:** освоить прием определения относительной влажности воздуха, основанный на



использовании психрометра.

**Оборудование:** психрометр

**Методические указания:** выполните задания

**Ход выполнения:**

**Задание 1.** Измерить влажность воздуха с помощью психрометра.

Подготовить таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

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

2. Рассмотреть устройство психрометра.
3. По показаниям сухого термометра измерить температуру воздуха  $t_{\text{сухого}}$  в помещении.
4. Записать показания термометра, резервуар которого обмотан марлей  $t_{\text{влажного}}$
5. Вычислить разность показаний термометров  $\Delta t = t_{\text{сухого}} - t_{\text{влажного}}$
6. По психрометрической таблице определить влажность воздуха  $\phi$
7. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.

**Задание 2.** Сделайте вывод о том, нормальная ли влажность воздуха в помещении.

**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю

### Лабораторное занятие №3

**Тема:** Определение электрической емкости конденсаторов

**Цель:** определить ёмкость конденсатора. Проверить законы последовательного и параллельного соединения конденсаторов.

**Оборудование:** тетрадь, карандаш, линейка, источник электрической энергии 6 в. Миллиамперметр, конденсаторы (3-4 шт.) известной ёмкости (1-6 мкФ), конденсатор неизвестной ёмкости., двухполюсный переключатель, соединительные провода.

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

**Задание 1. Теоретическое обоснование**

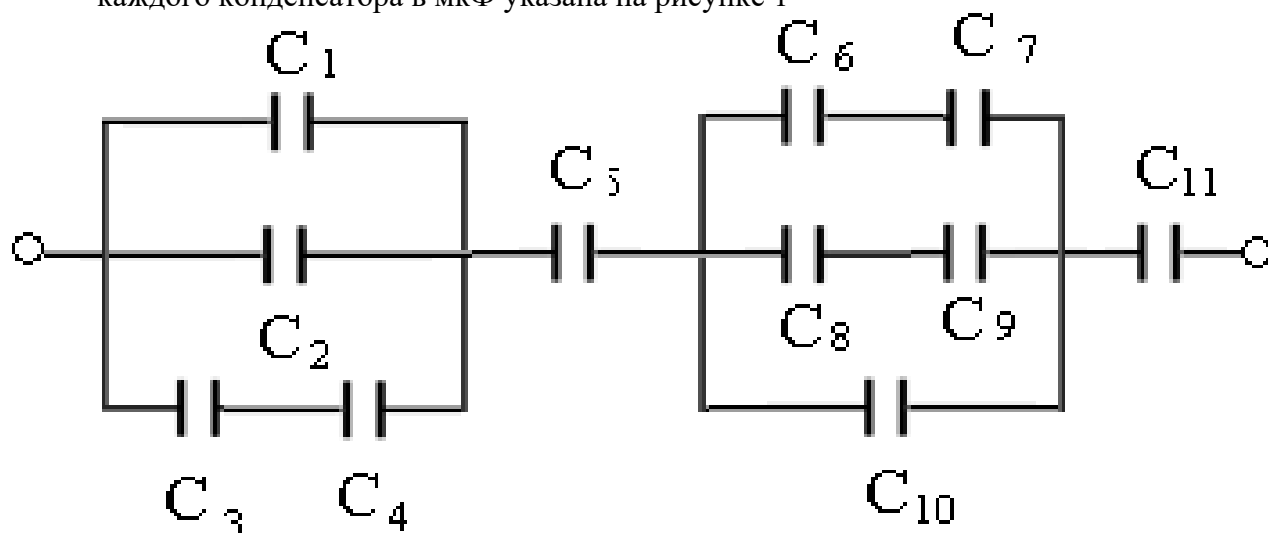
Важной характеристикой любого конденсатора является его электрическая ёмкость  $C$  – физическая величина, равная отношению заряда  $Q$  – конденсатора к разности потенциалов  $U$  между его обкладками:

$C = Q / U$ . Выражается в СИ в фарадах. Ёмкость конденсатора можно определить опытным путём.

**Задание 2. Вопросы для закрепления теоретического материала:**

1. Конденсатор в переводе – сгуститель. По какой причине прибору дали такое название?
2. В чём сущность указанного метода определения ёмкости конденсатора?
3. Объяснить, можно ли соотношение  $C = \frac{Q}{U}$  прочесть так: ёмкость конденсатора прямо пропорциональна его заряду и обратно пропорциональна напряжению между ними?
4. Почему ёмкость конденсатора постоянна?
5. От чего и как зависит ёмкость простейшего конденсатора? Запишите формулу этой ёмкости.

6. Определить заряд батареи конденсаторов, соединённых так, как показано на схеме. Ёмкость каждого конденсатора в мкФ указана на рисунке 1



|                       |                       |                          |                          |                         |
|-----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| $C_1 = 4 \text{ мкФ}$ | $C_2 = 3 \text{ мкФ}$ | $C_3 = 1 \text{ мкФ}$    | $C_4 = 0,5 \text{ мкФ}$  | $C_5 = 0,7 \text{ мкФ}$ |
| $C_8 = 4 \text{ мкФ}$ | $C_9 = 4 \text{ мкФ}$ | $C_{10} = 5 \text{ мкФ}$ | $C_{11} = 2 \text{ мкФ}$ |                         |

Рисунок 1

### Задание 3:

1. Собрать электрическую цепь по схеме, рисунок 2
2. В цепи установить конденсатор ёмкостью 4,7 мкФ
3. Конденсатор зарядить; для этого соединить его переключателем на короткое время с источником питания.
4. Сосредоточить внимание на миллиамперметре, быстро замкнуть конденсатор на измерительный прибор и определить число делений, соответствующее максимальному отклонению стрелки.
5. Опыт повторить (пять раз найти среднее значение  $n$ ) для более точного определения числа делений « $n_{\text{ср}}$ ». Найти отношение количества делений « $n_{\text{ср}}$ » к ёмкости взятого конденсатора  $C$ :  $n_{\text{ср}} / C = k$
6. Опыт повторить с другими конденсаторами (2,2 мкФ, 1 мкФ, 0,47 мкФ, 0,22 мкФ).
7. Результаты измерений, вычислений записать в таблицу №1

Рисунок 2



Конденсаторы известной ёмкости 5 шт.  
 4,7 мкФ, 2,2 мкФ, 1 мкФ, 0,47 мкФ, 0,22 мкФ.  
 Конденсаторы неизвестной ёмкости 3 шт.

| №<br>Оп<br>ыта | Ёмкост<br>ь<br>Конден<br>сатора<br>С мкФ | Число<br>делений<br>по<br>шкале<br>милли<br>амперме<br>тра<br>п <sub>ср</sub> | Отношен<br>ие<br>числа<br>делений к<br>ёмкости<br>конденсат<br>ора<br>$k = \frac{n_{ср}}{C}$ | Найденная<br>ёмкость<br>конденсат<br>ора<br>С <sub>х</sub> мкФ | Относительная<br>погрешность<br>$\delta \frac{C_{таб.} - C_x}{C_{таб.}} 100$ |
|----------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 1              |                                          |                                                                               |                                                                                              |                                                                |                                                                              |
| 2              |                                          |                                                                               |                                                                                              |                                                                |                                                                              |

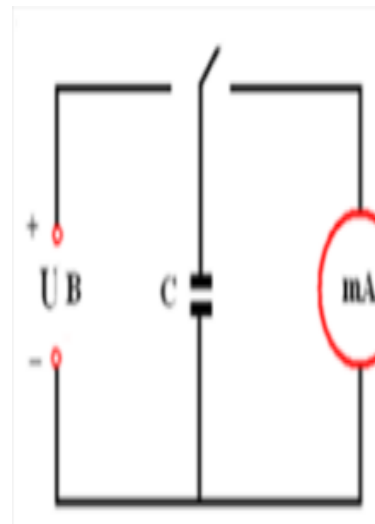


Таблица 1

8. Опыт (п. 1-4) повторить с конденсатором известной ёмкости С<sub>х</sub>.

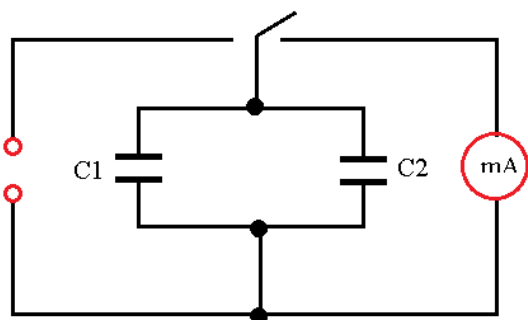
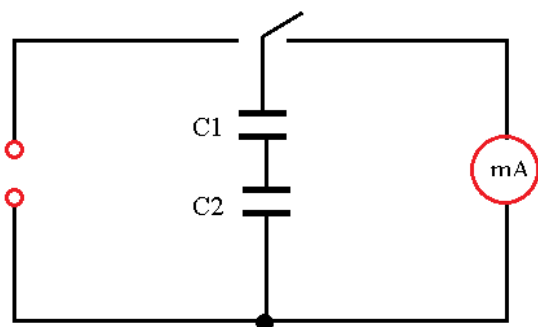


Определить в этом случае число делений  $n_x$  и найти ёмкость из соотношений  $C_x = \frac{n_x}{k}$

9. Узнать ёмкость исследуемого конденсатора (у преподавателя) и, приняв её за табличное значение, определить относительную погрешность

**Задание 4**

1. Составить электрическую цепь по схеме, рисунок 3, включив в неё два параллельно соединённых конденсатора известной ёмкости.
2. Повторить опыт (п.7) и найти ёмкость батареи параллельно соединённых конденсаторов  $C_{\text{пар}}$
3. Проверить соотношение  $C_{\text{пар}} = C_1 + C_2$
4. Составить электрическую цепь по схеме, рисунок 4, включив в неё два последовательно соединённых конденсатора известной ёмкости.
5. Повторить опыт (п.7) и найти ёмкость батареи последовательно соединённых конденсаторов  $C_{\text{пос}}$
6. Проверить соотношение  $\frac{1}{C_{\text{пос}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$  и сделать вывод



**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю  
**Лабораторное занятие №4**

**Тема:** Измерение удельного сопротивления проводника

**Цель:** опытным путем определить удельное сопротивление проводника.

**Оборудование:** тетрадь, карандаш, линейка, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

**Задание 1.**

1. Подготовьте бланк отсчета с таблицей для записи результатов измерений и вычислений.

| U, В | I, А | $\ell$ , мм | d, мм | $\rho$ , Ом · м |
|------|------|-------------|-------|-----------------|
|      |      |             |       |                 |

Таблица для записи абсолютных погрешностей:

| $\Delta_u U$ , В | $\Delta_o U$ , В | $\Delta U$ , В | $\Delta_u I$ , А | $\Delta_o I$ , А | $\Delta I$ , А | $\Delta_u \ell$ , мм | $\Delta_o \ell$ , мм | $\Delta \ell$ , мм | $\Delta_u d$ , мм | $\Delta_o d$ , мм | $\Delta d$ , мм |
|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
|                  |                  |                |                  |                  |                |                      |                      |                    |                   |                   |                 |

Таблица для записи абсолютных погрешностей:

| $\epsilon_u$ , % | $\epsilon_I$ , % | $\epsilon_\rho$ , % | $\Delta \rho$ , Ом · м |
|------------------|------------------|---------------------|------------------------|
|                  |                  |                     |                        |

2. Соберите необходимую цепь, проверьте надежность контактов и правильность подключения измерительных приборов.
3. Измерьте длину проводника, его диаметр, силу тока в проводнике, напряжение на его концах. Результаты занесите в таблицу.

4. Вычислите приблизительное значение удельного сопротивления проводника и занесите в таблицу.
5. Определите инструментальные погрешности измерительных приборов и погрешности отсчета. Вычислите максимальные абсолютные и относительные погрешности измерений величин  $U$ ,  $d$ ,  $I$ ,  $\ell$

$$\Delta A = \Delta_{\text{и}} A + \Delta_{\text{о}} A, \quad \Delta_{\text{и}} A - \text{абсолютная инструментальная погрешность};$$

$$\Delta_{\text{о}} A - \text{абсолютная погрешность отсчета};$$

$$\Delta A - \text{максимальная абсолютная погрешность прямых измерений}$$

$$\varepsilon = \Delta A / A$$

6. Вычислите максимальные относительную и абсолютную погрешности измерения удельного сопротивления проводника.

$$\varepsilon_{\rho} = \Delta U / U + 2\Delta d / d + \Delta I / I + \Delta \ell / \ell$$

$$\Delta \rho = \rho \cdot \varepsilon_{\rho}$$

$$\rho = \rho + \Delta \rho$$

7. Определите по таблице материал проводника.

**Задание 2.** Запишите вывод.

**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю

### Лабораторное занятие №5

**Тема:** Определение термического коэффициента сопротивления меди

**Цель:**

1. Снять экспериментальную зависимость сопротивления меди от температуры.
2. Научится определять температурный коэффициент сопротивления.

**Оборудование:**

1. Прибор для определения температурного коэффициента сопротивления.
2. Омметр.
3. Термометр.
4. Стаканы с водой и тающим снегом.
5. Электрическая плитка.

**Методические указания:** выполните задания

**Ход выполнения:**

**Задание 1. Рассмотрите теорию:**

В металлических проводниках электрическое сопротивление обусловлено столкновением свободных электронов с колеблющимися ионами в узлах кристаллической решетки. По мере повышения температуры размах колебаний ионов увеличивается, что способствует большему рассеянию электронов, участвующих в упорядоченном движении. Кроме того с повышением температуры увеличивается скорость хаотического (теплового) движения электронов и они испытывают большее число столкновений с ионами кристаллической решетки. Все это приводит к тому, что с повышением температуры сопротивления проводника, а, следовательно, и удельное сопротивление увеличивается.

Обозначим  $R$  сопротивление проводника при  $t$  C, а  $R_0$  при  $t=$  . Величину

$$\alpha = (R - R_0) / (R_0 t) \quad (1)$$

называют температурным коэффициентом сопротивления (ТКС). Численно температурный коэффициент сопротивления показывает относительное изменение сопротивления при нагревании проводника на  $1^\circ\text{C}$  (1К) и измеряется в  $^\circ\text{C}^{-1}$  или  $\text{K}^{-1}$ , что одно и то же.

У большинства химически чистых металлов температурные коэффициенты сопротивления близки к  $1/273 \text{ K}^{-1}$ , а у некоторых сплавов они настолько малы, что во многих практических случаях ими можно пренебречь.

**Задание 2.**

1. Опустить прибор, для определения температурного коэффициента сопротивления в тающий снег и выдержать его там в течение некоторого времени, пока температура проводника не будет равна  $0^\circ\text{C}$ .
2. Измерить сопротивление  $R_0$  с помощью омметра.

3. Перенести прибор для определения температурного коэффициента сопротивления в стакан с водой и, нагревая воду, измерять сопротивление  $R$  через каждые 20 - 40 градусов.
4. Вычислить для каждого измерения температурный коэффициент сопротивления по формуле (1).
5. Определить абсолютную ошибку измерения  $\Delta \alpha = | \alpha_{\text{табл}} - \alpha |$ , для меди  $\alpha_{\text{табл}} = 0,0042 \text{ K}^{-1}$ .
6. Определить относительную ошибку измерения  $\delta \alpha = (\Delta \alpha / \alpha_{\text{табл}}) 100\%$ .
7. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 1.
8. Построить график зависимости сопротивления  $R$  от температуры  $t$ .
9. Сделать вывод о характере этой зависимости.

Таблица 1.

| № | $t(^{\circ}\text{C})$ | $R_0(\text{Ом})$ | $R(\text{Ом})$ | $\alpha (\text{K}^{-1})$ | $\Delta \alpha (\text{K}^{-1})$ | $\delta \alpha (\%)$ |
|---|-----------------------|------------------|----------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------|
|   |                       |                  |                |                          |                                 |                      |

### Задание 3.

#### Контрольные вопросы

##### Вариант 1

1. ТКС меди  $0,0042 \text{ K}^{-1}$ . Что это означает?
2. Сопротивление медного проводника при  $0^{\circ}\text{C}$  равно 1 Ом. Каким оно будет при  $100^{\circ}\text{C}$ ?
3. Сопротивление стального и вольфрамового проводников при  $0^{\circ}\text{C}$  одинаковы..Будут ли одинаковы при  $200^{\circ}\text{C}$ ? ТКС стали  $0,006 \text{ K}^{-1}$ , вольфрама  $0,005 \text{ K}^{-1}$ .
4. Сопротивление стального и вольфрамового проводников при  $50^{\circ}\text{C}$  одинаковы. Каким они будут при  $10^{\circ}\text{C}$ ?
5. Где применяются проводники с большим ТКС?

##### Вариант 2

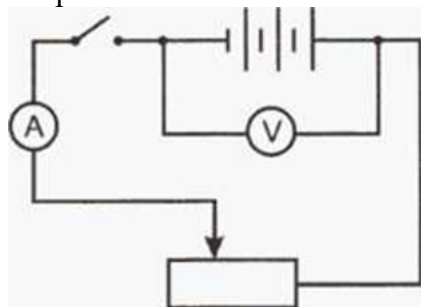
1. ТКС константана  $0,000021 \text{ K}^{-1}$ . Что это означает?
2. Сопротивление константанового проводника при  $100^{\circ}\text{C}$  равно 1,002 Ом. Каким оно будет при  $0^{\circ}\text{C}$ ?
3. Сопротивление алюминиевого и нихромового проводников при  $20^{\circ}\text{C}$  одинаковы..Будут ли одинаковы при  $80^{\circ}\text{C}$ ? ТКС алюминия  $0,004 \text{ K}^{-1}$ , нихрома  $1,0001 \text{ K}^{-1}$ .
4. Сопротивление алюминиевого и нихромового проводников при  $60^{\circ}\text{C}$  одинаковы. Каким они будут при  $30^{\circ}\text{C}$ ?
5. Где применяются проводники с малым ТКС?

**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю

### Лабораторное занятие №6

**Тема:** Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока

**Цель:** экспериментально определить ЭДС источника и его внутреннее сопротивление



**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задание.

**Ход выполнения:**

#### Задание 1.

1. Соберите электрическую цепь по изображенной на рисунке схеме.
2. Установите ползунок реостата примерно в среднее положение, измерьте силу тока  $I_1$  и напряжение  $U_1$ .
3. Передвинув ползунок реостата, измерьте  $I_2$  и  $U_2$ .
4. По приведенным выше формулам вычислите  $r$  и  $\epsilon$ .
5. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу, ниже приведен образец этой таблицы.

| $I_1, A$ | $I_2, A$ | $U_1, B$ | $U_2, B$ | $r, Ом$ | $\varepsilon, B$ |
|----------|----------|----------|----------|---------|------------------|
|          |          |          |          |         |                  |

**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю

### Лабораторное занятие №7

**Тема:** Изучение законов последовательного соединения проводников

**Цель:** установить на опыте зависимость силы тока от напряжения и сопротивления.

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** тетрадь, ручка.

**Ход выполнения:**

#### Задание 1.

Экспериментальная проверка законов последовательного соединений проводников:

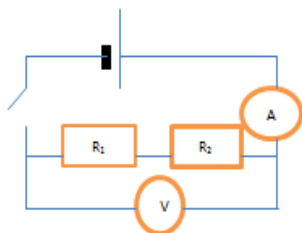
- 1) ознакомиться с приборами для проведения этой лабораторной работы
- 2) научиться соединять резисторы последовательно
- 3) научиться измерять и рассчитывать сопротивление при последовательном соединении резисторов

#### Задание 2.

1. Заполните пропуски в формулах последовательного соединения

$$U=U_1 \dots U_2 \quad R=R_1 \dots R_2 \quad \frac{U_1}{\dots} = \frac{\dots}{R_2}$$

2. Соберите цепь для изучения последовательного соединения по схеме:



3. Измерьте силу тока. Поочерёдно включая вольтметр к первому резистору, ко второму резистору и ко всему участку, измерьте напряжение. Результаты измерений занесите в таблицу

| $I, A$ | $U_1 B$ | $U_2 B$ | $U B$ | $R_1 Ом$ | $R_2 Ом$ | $R Ом$ |
|--------|---------|---------|-------|----------|----------|--------|
|        |         |         |       |          |          |        |

4. Вычислите сопротивления и занесите результаты в таблицу

$$R_1 = \frac{U_1}{I} = \dots Ом \quad R_2 = \frac{U_2}{I} = \dots Ом \quad R = \frac{U}{I} = \dots Ом$$

5. Проверьте формулы (см пункт 1) последовательного соединения по данным таблицы

6. Посмотрите на резисторы и запишите:  $R_1 = \dots Ом$   $R_2 = \dots Ом$

7. Вычислите рассчитанное сопротивление при последовательном соединении  $R = R_1 + R_2 = \dots Ом$

8. Сравните измеренное и рассчитанное сопротивления при последовательном соединении

**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю

### Лабораторное занятие №8

**Тема:** Изучение законов параллельного соединения проводников

**Цель:** установить на опыте зависимость силы тока от напряжения и сопротивления.

Экспериментальная проверка законов параллельного соединений проводников:

- 1) ознакомиться с приборами для проведения этой лабораторной работы
- 2) научиться соединять резисторы параллельно
- 3) научиться измерять и рассчитывать сопротивление при параллельном соединении резисторов

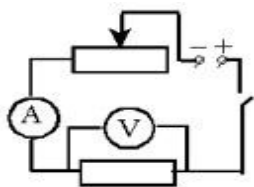
**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания

**Ход выполнения:**

**Задание 1.** Для выполнения работы соберите электрическую цепь из источника тока, амперметра, реостата, проволочного резистора сопротивлением 2 Ом и ключа. Параллельно проволочному резистору присоедините вольтметр (см. схему).





**Опыт 1.** Исследование зависимости силы тока от напряжения на данном участке цепи. Включите ток. При помощи реостата доведите напряжение на зажимах проволочного резистора до 1 В, затем до 2 В и до 3 В. Каждый раз при этом измеряйте силу тока и результаты записывайте в табл. 1.

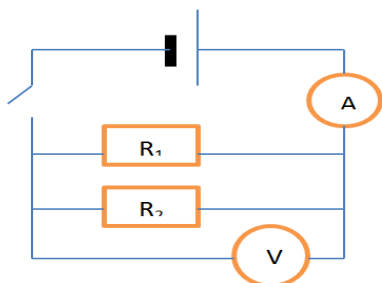
| I, A | U <sub>1</sub> В | U <sub>2</sub> В | U В | R <sub>1</sub> Ом | R <sub>2</sub> Ом | R Ом |
|------|------------------|------------------|-----|-------------------|-------------------|------|
|      |                  |                  |     |                   |                   |      |

### Задание 2.

1 Заполните пропуски в формулах параллельного соединения

$$I = I_1 + I_2 \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \quad \frac{U}{I} = \frac{R_1}{I_1} + \dots$$

2 Соберите цепь для изучения параллельного соединения



3. Замкните цепь и измерьте силу тока и напряжение на участке при параллельном соединении

Запишите:  $I = \dots\dots\dots A$        $U = \dots\dots\dots В$

4. Пользуясь измеренными данными вычислите сопротивление участка при параллельном соединении

$$R = \frac{U}{I} = \dots\dots\dots \text{Ом} \quad (\text{измеренное сопротивление})$$

5. Посмотрите на резисторы и запишите  $R_1 = \dots\dots\dots \text{Ом}$        $R_2 = \dots\dots\dots \text{Ом}$

6. Вычислите по формуле (см пункт1) сопротивление при параллельном соединении

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \quad \frac{1}{R} = \dots\dots\dots \text{Ом} \quad (\text{рассчитанное сопротивление})$$

7. Сравните рассчитанное и измеренное сопротивления при параллельном соединении

**Задание 3.** По данным опытов постройте график зависимости силы тока от напряжения. Сделайте вывод.

**Опыт 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 1 Ом, затем 2 Ом и 4 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 табл 2.

|                           |  |  |  |
|---------------------------|--|--|--|
| Сопротивление участка, Ом |  |  |  |
| Сила тока, А              |  |  |  |

**Задание 4.** По данным опытов постройте график зависимости силы тока от сопротивления. Сделайте вывод.

**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю

### **Лабораторное занятие №9**

**Тема:** Расчет электрической цепи

**Цель:** научиться вычислять параметры электрической цепи.

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.



### Ход выполнения:

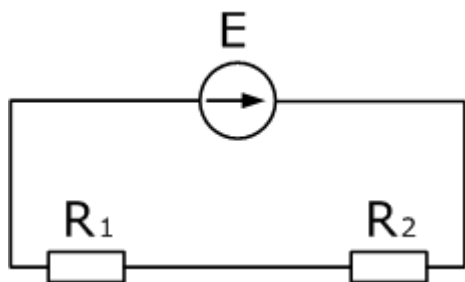
#### Задание 1. Теоретическое обоснование.

В электротехнике принято считать, что простая цепь – это цепь, которая сводится к цепи с одним источником и одним эквивалентным сопротивлением. Свернуть цепь можно с помощью эквивалентных преобразований последовательного, параллельного и смешанного соединений. Исключением служат цепи, содержащие более сложные соединения звездой и треугольником. **Расчет цепей постоянного тока** производится с помощью закона Ома и Кирхгофа.

#### Задание 2.

##### Пример 1

Два резистора подключены к источнику постоянного напряжения 50 В, с внутренним сопротивлением  $r = 0,5$  Ом. Сопротивления резисторов  $R_1 = 20$  и  $R_2 = 32$  Ом. Определить ток в цепи и напряжения на резисторах.



Так как резисторы подключены последовательно, эквивалентное сопротивление будет равно их сумме. Зная его, воспользуемся законом Ома для полной цепи, чтобы найти ток в цепи.

$$I = \frac{E}{r + R} = \frac{E}{r + R_1 + R_2} = \frac{50}{0.5 + 20 + 32} = 0.95 \text{ A}$$

Теперь зная ток в цепи, можно определить падения напряжений на каждом из резисторов.

$$U_1 = IR_1 = 0.95 * 20 = 19 \text{ В}$$

$$U_2 = IR_2 = 0.95 * 32 = 30,4 \text{ В}$$

Проверить правильность решения можно несколькими способами. Например, с помощью закона Кирхгофа, который гласит, что сумма ЭДС в контуре равна сумме напряжений в нем.

$$E \approx IR_1 + IR_2 + IR_{\text{ист}}$$

$$50 \approx 0,95 * 20 + 0.95 * 32 + 0.95 * 0,5$$

$$50 \text{ В} \approx 50 \text{ В}$$

Но с помощью закона Кирхгофа удобно проверять простые цепи, имеющие один контур. Более удобным способом проверки является [баланс мощностей](#).

В цепи должен соблюдаться баланс мощностей, то есть энергия отданная источниками должна быть равна энергии полученной приемниками.

$$P_{\text{ист}} = P_{\text{пр}}$$

Мощность источника определяется как произведение ЭДС на ток, а мощность полученная приемником как произведение падения напряжения на ток.

$$IE = IU_1 + IU_2 + IU_{\text{ист}}$$

$$IE = I^2 R_1 + I^2 R_2 + I^2 R_{\text{ист}}$$

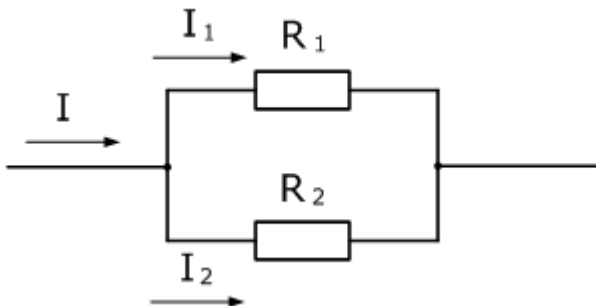
$$0.95 * 50 \approx 0.95^2 * 20 + 0.95^2 * 32 + 0.95^2 * 0.5$$

$$47.5 \text{ Вт} \approx 47.5 \text{ Вт}$$

Преимущество проверки балансом мощностей в том, что не нужно составлять сложных громоздких уравнений на основании законов Кирхгофа, достаточно знать ЭДС, напряжения и токи в цепи.

#### Пример 2

Общий ток цепи, содержащей два соединенных параллельно резистора  $R_1=70 \text{ Ом}$  и  $R_2=90 \text{ Ом}$ , равен  $500 \text{ мА}$ . Определить токи в каждом из резисторов.



Два последовательно соединенных резистора ничто иное, как [делитель тока](#). Определить токи, протекающие через каждый резистор можно с помощью формулы делителя, при этом напряжение в цепи нам не нужно знать, потребуется лишь общий ток и сопротивления резисторов.

$$I_1 = \frac{IR_2}{R_1 + R_2} = \frac{0.5 * 90}{70 + 90} = 0.281 \text{ А}$$

$$I_2 = \frac{IR_1}{R_1 + R_2} = \frac{0.5 * 70}{70 + 90} = 0.219 \text{ А}$$

Токи в резисторах

В данном случае удобно проверить задачу с помощью первого закона Кирхгофа, согласно которому сумма токов сходящихся, в узле равна нулю.

$$I = I_1 + I_2$$

$$0.5 \text{ А} \approx 0.5 \text{ А}$$

Если у вас возникли затруднения, прочтите статью [законы Кирхгофа](#).

Если вы не помните формулу делителя тока, то можно решить задачу другим способом. Для этого необходимо найти напряжение в цепи, которое будет общим для обоих резисторов, так как соединение параллельное. Для того чтобы его найти, нужно сначала [рассчитать сопротивление цепи](#)

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{70 * 90}{70 + 90} = 39.38 \text{ Ом}$$

А затем напряжение

$$U = IR = 0.5 * 39.38 = 19.69 \text{ В}$$

Зная напряжения, найдем токи, протекающие через резисторы

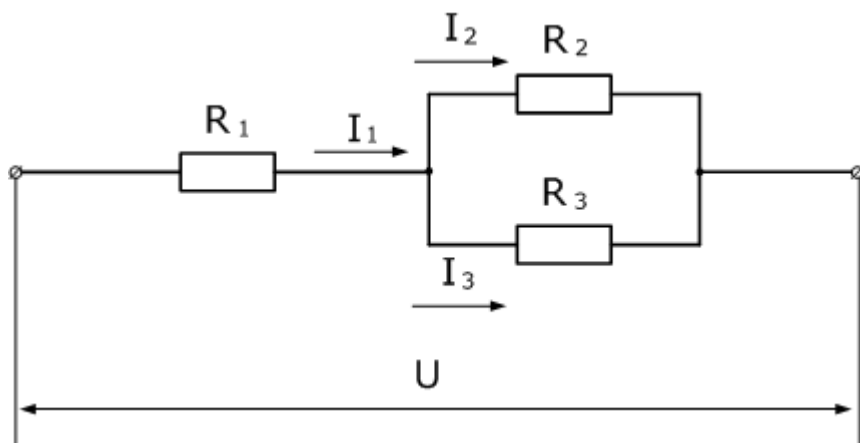
$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{19.69}{70} = 0.281 \text{ А}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{19.69}{90} = 0.219 \text{ А}$$

Как видите, токи получились теми же.

Пример 3

В электрической цепи, изображенной на схеме  $R_1=50 \text{ Ом}$ ,  $R_2=180 \text{ Ом}$ ,  $R_3=220 \text{ Ом}$ . Найти мощность, выделяемую на резисторе  $R_1$ , ток через резистор  $R_2$ , напряжение на резисторе  $R_3$ , если известно, что напряжение на зажимах цепи  $100 \text{ В}$ .



Чтобы рассчитать мощность постоянного тока, выделяемую на резисторе  $R_1$ , необходимо определить ток  $I_1$ , который является общим для всей цепи. Зная напряжение на зажимах и эквивалентное сопротивление цепи, можно его найти.

Эквивалентное сопротивление и ток в цепи

$$R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 50 + \frac{180 * 220}{180 + 220} = 149 \text{ Ом}$$

$$I_1 = \frac{U}{R} = \frac{100}{149} \approx 0.67 \text{ А}$$

Отсюда мощность, выделяемая на  $R_1$

$$P = I^2 R_1 = 0.67^2 * 50 \approx 22,5 \text{ В}$$

Ток  $I_2$  определим с помощью формулы делителя тока, учитывая, что ток  $I_1$  для этого делителя является общим

$$I_2 = \frac{I_1 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{0.67 * 220}{180 + 220} = 0,369 \text{ А}$$

Так как, напряжение при параллельном соединении резисторов одинаковое, найдем  $U_3$ , как напряжение на резисторе  $R_2$

$$U_3 = U_2 = I_2 R_2 = 0.37 * 180 = 66.4 \text{ В}$$

Таким образом производится расчет простых цепей постоянного тока

**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю

### Лабораторное занятие №10

**Тема:** Исследование зависимости мощности лампы накаливания от напряжения на её зажимах

**Цель:** установить зависимость мощности тока от напряжения.

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

#### Задание 1.

Теоретическое обоснование.

В электрической цепи происходит ряд превращений энергии. При упорядоченном движении заряженных частиц в проводнике электрическое поле совершает работу. Эту работу принято называть **работой тока**.

Согласно закону сохранения энергии эта работа должна быть равна изменению энергии данного участка цепи. Энергия, которая переносится током от источника и выделяется на участке цепи за время  $t$ , равна работе тока  $A$ .

Работа может быть определена по формуле

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

Единица работы – 1 Дж (джоуль).

Любой электрический прибор (лампочка, электродвигатель) рассчитан на потребление определенной энергии в единицу времени. Поэтому наряду с работой тока очень важное значение имеет понятие **мощность тока**.

**Мощность** – это отношение работы электрического тока ко времени, за которое совершается работа

$$P = \frac{A}{t} = I \cdot U$$

Единица мощности – 1 Вт (ватт).

На большинстве приборов показана потребляемая ими мощность.

#### Задание 2.

1. Определите цену деления и предел измерения амперметра

$$C_A = \dots\dots\dots I_{MAX} = \dots\dots\dots$$

2. Определите цену деления и предел измерения вольтметра

$$C_V = \dots\dots\dots U_{MAX} = \dots\dots\dots$$

3. Соберите электрическую цепь (рисунок 19).

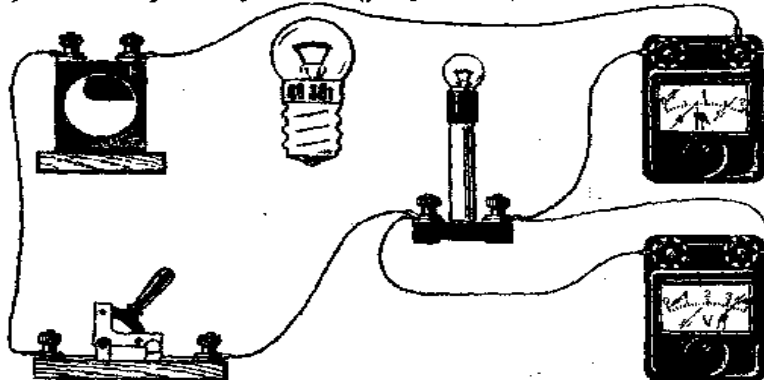


Рисунок 19

3. Начертите схему электрической цепи, изображенной на рисунке 19.

| № п/п | Напряжение | Сила тока | Мощность, потребляемая лампой | Работа тока | Сопротивление нити |
|-------|------------|-----------|-------------------------------|-------------|--------------------|
|       | $U$        | $I$       | $P$                           | $A$         | $R$                |

|   | <i>B</i> | <i>A</i> | <i>Bm</i> | <i>Дж</i> | <i>Ом</i> |
|---|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 |          |          |           |           |           |
| 2 |          |          |           |           |           |
| 3 |          |          |           |           |           |
| 4 |          |          |           |           |           |
| 5 |          |          |           |           |           |

1. Постепенно выводя реостат (передвигая ползунок слева направо), снимите показания амперметра и вольтметра 4-5 раз.
2. Для каждого значения напряжения подсчитайте мощность электрического тока, потребляемую лампой, сопротивление нити накала лампы

$$P_1 = \dots\dots\dots R_1 = \dots\dots\dots$$

$$P_2 = \dots\dots\dots R_2 = \dots\dots\dots$$

$$P_3 = \dots\dots\dots R_3 = \dots\dots\dots$$

$$P_4 = \dots\dots\dots R_4 = \dots\dots\dots$$

$$P_5 = \dots\dots\dots R_5 = \dots\dots\dots$$

1. Данные измерений и вычислений занесите в таблицу 7.
2. Установите зависимость мощности тока от напряжения.
3. Вычислите работу тока за 30 с.

$$A_1 = \dots\dots\dots$$

$$A_2 = \dots\dots\dots$$

$$A_3 = \dots\dots\dots$$

$$A_4 = \dots\dots\dots$$

$$A_5 = \dots\dots\dots$$

#### Задание 4.

1. Какие способы определения мощности вам известны?
2. Как определить, на какой ток рассчитана лампа, по данным на цоколе
3. (см. рисунок).
4. Номинальная мощность лампы указана на ее цоколе. Сравните и фактическую мощность лампы (среднее значение) с номинальной и выразите разницу в %

$$\delta = \frac{|P_{\text{ср.}} - P_{\text{цок.}}|}{P_{\text{цок.}}} \times 100\%$$

5. Лампы, 200-ваттная и 60-ваттная, рассчитаны на одно напряжение. Сопротивление какой лампы больше? Во сколько раз?
6. Почему в схеме вольтметр включен параллельно лампе, а амперметр последовательно с лампой?

**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю

#### Лабораторное занятие №11

**Тема:** Определение КПД электроплитки

**Цель:** научиться определять КПД электроплитки

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания

**Ход выполнения:**

**Задание 1.**

**Характеристики Электрическая плита Лысьва ЭП 4/1э04 М2С**

**Общие параметры**

**Тип**

электрическая плита

**Цвет**

коричневый

**Общие характеристики**

**Общее количество конфорок**

4

**Ящик для посуды**

есть

**Максимальная потребляемая мощность**

9.5 кВт

**Мощность каждой конфорки**

85 кВт (задняя левая), 1 кВт (задняя правая), 1 кВт (передняя левая), 2 кВт (передняя правая)

**Индикаторы остаточного тепла**

нет

**Объем духовки**

57 л

**Вид управления**

поворотный механизм

**Утапливаемые поворотные переключатели**

нет

**Дисплей**

нет

**Тип ящика для посуды**

выдвижной

**Материал/покрытие корпуса**

эмаль

**Класс потребления энергии**

A

**Духовка**

**Количество режимов работы**

5

**Режимы работы духовки**

вентилятор, верхний нагрев + гриль, верхний нагрев + нижний нагрев, гриль, нижний нагрев, нижний нагрев + гриль

**Таймер**

нет

**Тип таймера**

нет

**Вертел**

нет

**Конвекция**

есть

**Очистка духовки**

традиционная

**Максимальная температура духовки**

300 °C

**Подсветка духовки**

есть

|                                   |                                                       |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Гриль                             | есть                                                  |
| Количество стекол дверцы духовки  | 2                                                     |
| Блокировка дверцы духовки         | нет                                                   |
| Варочная панель                   | эмалированная сталь                                   |
| Материал покрытия панели          |                                                       |
| Индукционные конфорки             | нет                                                   |
| Число двухконтурных конфорок      | нет                                                   |
| Число трехконтурных конфорок      | нет                                                   |
| Число экспресс-конфорок           | 1 шт                                                  |
| Размеры конфорок                  | 14.5 см, 18 см                                        |
| Крышка                            | отсутствует                                           |
| Конфорка с овальной зоной нагрева | нет                                                   |
| Особенности                       | нет                                                   |
| Отключение звукового сигнала      |                                                       |
| Часы                              | нет                                                   |
| Защитное отключение               | нет                                                   |
| Блокировка панели управления      | нет                                                   |
| Дополнительная информация         | кабель с вилкой                                       |
| Наличие кабеля питания/вилки      |                                                       |
| Дополнительная информация         | термостат                                             |
| Габариты и вес                    | 50 см                                                 |
| Ширина                            |                                                       |
| Размеры (ШхГхВ)                   | 50х60х85 см                                           |
| Глубина                           | 60 см                                                 |
| Вес                               | 39 кг                                                 |
| Высота                            | 85 см                                                 |
| Комплектация                      | Электрическая плита, решетка, противень, документация |
| Комплект поставки                 |                                                       |

## Задание 2.

### Определение коэффициента полезного действия электроплитки

Преподаватель поставил перед нами проблему под названием: «Определение коэффициента полезного действия электроплитки». После продолжительных поисков бытового электрического нагревательного прибора (электрическая плитка, электрический утюг, кондиционер, электрическая

сушилка, тепловентилятор, электрокалорифер и так далее), мы решили вычислить коэффициент полезного действия электрического чайника типа TEFAL и получили одобрение преподавателя. Мы вспомнили формулу коэффициента полезного действия

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}},$$

где  $\eta$  - коэффициент полезного действия (НЮ – ЭТА),

$A_{\text{п}}$  - полезная работа,

$A_{\text{з}}$  - затраченная работа.

Повторили темы по физике темы: «Электричество», «Теплота» и пришли к выводу, что в качестве полезной работы можно использовать количество теплоты, а в качестве затраченной работы следует использовать работу электрического тока.

Расчетная формула представлена в следующем виде:

$$\eta = \frac{A}{Q},$$

где  $\eta$  - коэффициент полезного действия,

$Q$  – количество теплоты, полученное водой,

$A$  – работа электрического тока.

Количество теплоты вычисляется по формуле:

$Q = cm(t_2^\circ - t_1^\circ)$ , где  $c$  – удельная теплоёмкость воды,  $m$  – масса воды,  $t_2^\circ = 100^\circ\text{C}$  – температура кипения воды,  $t_1^\circ$  – начальная температура воды (измеряется термометром ).

Работа электрического тока вычисляется по формуле:

$$A = P t,$$

где  $A$  – работа электрического тока.

$P$  – электрическая мощность нагревательного прибора,  $t$  – промежуток времени, в течение которого нагревается вода.

Познакомился с устройством и принципом действия электрического чайника, изучили правила техники безопасности. Возвратившись из колледжа домой, я приступил к выполнению лабораторной работы в домашних условиях, предварительно получив разрешение родителей на проведение эксперимента на кухне.

**Задание 3.** Домашняя лабораторная работа.

### **Определение коэффициента полезного действия электрического чайника**

Приборы и материалы:

- 1) электрический чайник типа TEFAL,
- 2) источник электрического тока (розетка квартирной электропроводки),
- 3) водопроводная вода,
- 4) термометр,
- 5) часы с секундной стрелкой (секундомер),
- 6) калькулятор.

Порядок выполнения работы.

Электрический чайник отключен от электрической сети. Берем в руки пустой чайник, переворачиваем его, изучаем паспорт чайника, записываем значение мощности нагревательного элемента

Опыт № 1.

- 1) Открываем крышку чайника, наливаем в него воду из крана объемом 1 литр ( 1 килограмм ).
- 2) Термометр помещаем в чайник с водой.
- 3) Измеряем температуру воды в чайнике
- 4) Вынимаем термометр из воды и помещаем его в футляр.
- 5) Плотнo закрываем крышку чайника.
- 6) Ставим чайник на платформу.
- 7) Включаем чайник и засекаем время по часам. Вода в чайнике нагревается. Следим за показаниями часов.
- 8) Отмечаем момент автоматического отключения чайника (момент закипания воды).
- 9). Вычисляем промежуток времени, в течение которого нагревалась вода от начальной температуры до кипения
- 10) Осторожно снимаем с платформы чайник с горячей водой. Выливаем воду из чайника в раковину.
- 11). Рассчитываем работу электрического тока по формуле.



12). Вычисляем количество теплоты по формуле.

13) Рассчитываем коэффициент полезного действия нагревательного элемента электрического чайника по формуле.

14) Полученный результат выражаем в процентах и делаем вывод: а) коэффициент полезного действия нагревательного элемента электрического чайника равен 78,6 %.

б) коэффициент полезного действия нагревательного элемента электрического чайника равен 72,3 %.

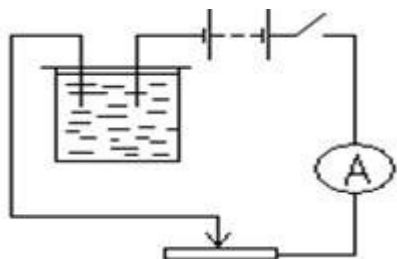
Примечание: в этой работе представлена для того, чтобы любой преподаватель, снявший копию с описания лабораторной работы, без особых затруднений предложил своим ученикам определить коэффициент полезного действия чайника, используемого в домашних условиях.

**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю.

### Лабораторное занятие №12

**Тема:** Определение электротехнического эквивалента меди

**Цель:** научиться опытным путем определять электрохимический эквивалент меди.



**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задание

**Ход выполнения:**

**Задание1.**

1) Тщательно очищенную поверхность медной пластинки наждачной бумагой взвесить на весах с максимально возможной точностью.

2) Собрать электрическую цепь по схеме, изображенной на рис. Взвешенную пластинку соединить с отрицательным полюсом источника электрической энергии.

3) После проверки цепи преподавателем заметить время по часам с секундной стрелкой, замкнуть ключ. Быстро установить реостатом силу тока 1-1,5 А. Пользуясь реостатом, поддерживать силу тока неизменной на протяжении всего опыта.

4) Через 8-10 минут цепь разомкнуть. Пластинку, служившую в опыте катодом, вынуть, осторожно ополоснуть водой, высушить перед вентилятором или электроплиткой, тщательно взвесить и определить массу выделившейся меди.

5) По результатам измерений определить электрохимический эквивалент меди.

6) Сравнить найденное значение электрохимического эквивалента меди с табличными и определить относительную погрешность измерений.

**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю

### Лабораторное занятие №13

**Тема:** Изучение явления электромагнитной индукции

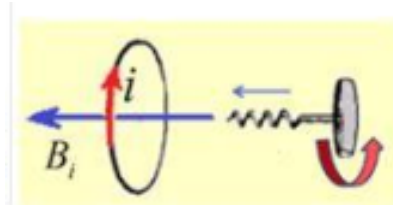
**Цель:** исследовать явление электромагнитной индукции, определить на опыте, от чего зависят сила и направление индукционного тока в катушке, познакомиться с принципом действия трансформатора, научиться определять коэффициент трансформации.

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания

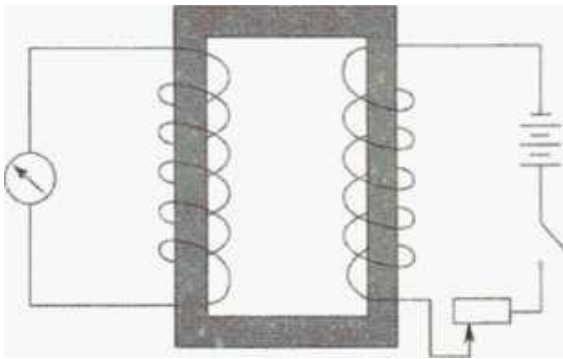
**Ход выполнения:**

**Задание1.**



1. Одну из катушек без сердечника подключите к зажимам миллиамперметра. Надевайте и снимайте катушку с северного полюса дугообразного магнита с различной скоростью.
2. Для каждого случая замечайте максимальное значение силы индукционного тока и его направление (по отклонению стрелки миллиамперметра). Запишите вывод.
3. Переверните магнит и наденьте катушку на его южный полюс, а затем снимите её. Повторите опыт, увеличив скорость катушки. Обратите внимание на показания миллиамперметра, в частности, на направление отклонения стрелки прибора. Запишите выводы.
4. Сложите два магнита (полосовой и дугообразный) одноименными полюсами и повторите эксперимент с разной скоростью движения катушки относительно магнитов. Запишите вывод.

### Задание 2.



5. Соберите установку, схематически изображенную на рисунке.
6. Проведите следующие опыты.
  - а) Поставьте ползунок реостата в положение, соответствующее минимальному сопротивлению. Замкните цепь ключом. Запишите, что вы наблюдали при замыкании цепи.
  - б) Разомкните цепь. Запишите, что вы наблюдали при размыкании цепи.
  - б) Разомкните цепь. Запишите, что вы наблюдали при размыкании цепи.
  - в) При замкнутой цепи изменяйте положение ползунка реостата и наблюдайте за показаниями миллиамперметра. Запишите, что вы наблюдали.
- г) Какие явления, наблюдаемые в этом опыте, помогают понять принцип действия трансформатора? Запишите свой ответ.
7. Определите первичную обмотку и две вторичные клеммы.
8. Присоедините первичную обмотку к сети переменного тока напряжением 36 В и измерьте напряжение на одной из вторичных обмоток.
9. Вычислите коэффициент трансформации.
10. Прodelайте аналогичные действия для другой вторичной обмотки.
11. Присоедините одну из вторичных обмоток к сети переменного тока напряжением 4 В и измерьте напряжение на первичной обмотке.
12. Вычислите коэффициент трансформации.
13. Полученные данные запишите в таблицу.
10. Запишите выводы из эксперимента.

Таблица

| U    | U <sub>1</sub> | U <sub>2</sub> | K <sub>1</sub> = U <sub>1</sub> /U | K <sub>2</sub> = U <sub>2</sub> /U |
|------|----------------|----------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 4 В  |                |                |                                    |                                    |
| 36 В |                |                |                                    |                                    |

**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю.

### Лабораторное занятие №14

**Тема:** Изучение работы трансформатора

**Цель:** освоить основные элементы любого трансформатора

**Оборудование:** тетрадь, ручка, карандаш, офицерская линейка, циркуль, ластик

**Методические указания:** выполните задания

**Ход выполнения:**

### Задание 1.

**Задачи:** определить коэффициент трансформации

**Правила безопасности:** правила проведения в кабинете во время выполнения лабораторного занятия

Для выполнения работы учебная группа распределяется по двум вариантам

**Теория.** В радиотехнике, электротехнике, электронике используют трансформатор. Внешний вид и схема (простейшего) показана на рисунке 1.

Основные элементы любого трансформатора: 1. Сердечник (магнитопровод); набирается из отдельных тонких изолированных друг от друга магнитомягкой стали. 2. Две обмотки с различным числом витков: с небольшим количеством витков  $N_1$  толстой проволоки и с большим количеством витков  $N_2$  тонкой проволоки.

Переменный ток обмотки, соединённой с источником электрической энергии (первичная обмотка), создаёт в сердечнике трансформатора переменный магнитный поток, который в каждом витке обмотки возбуждает ЭДС индукции  $e$ . Поэтому ЭДС индукции в первичной обмотке  $E_1 = N_1 e$ , во вторичной обмотке  $E_2 = N_2 e$ , а  $E_1 / E_2 = N_2 / N_1$

Если цепь вторичной обмотки разомкнута, в первичной обмотке течёт слабый ток  $I_0$  – ток холостого хода, не превышающий 5% номинального. Падение напряжения  $\Delta U = I_0 R$

В первичной обмотке с сопротивлением  $R$  очень мало и приложенное к этой обмотке  $U_1$  лишь немного больше  $E_1$ . В этом случае  $U_1 \approx E_1$ . Напряжение на концах вторичной обмотки  $U_2 = E_2$ .

Следовательно для холостого хода трансформатора  $U_2 / U_1 = N_2 / N_1$

Отношение  $N_2 / N_1 = k$  – коэффициент трансформации. При  $k > 1$  трансформатор повышает напряжение; при  $k < 1$

При замыкании цепи вторичной обмотки переменный ток этой обмотки  $I_2$ , согласно закону Ленца, создаёт в сердечнике магнитный поток противоположного магнитному потоку первичной обмотки направления. Магнитный поток в сердечнике ослабляется. Это приводит к ослаблению  $E_1$  в первичной обмотке и возрастанию тока в ней до  $I_1$ . Ток возрастает, пока магнитный поток в сердечнике трансформатора не станет прежним.

Обмотки пронизываются с почти одинаковым магнитным потоком  $\Phi$  ( $\Phi = I N$ ), поэтому  $I_1 N_1 = I_2 N_2$ , а  $I_2 / I_1 = N_1 / N_2$

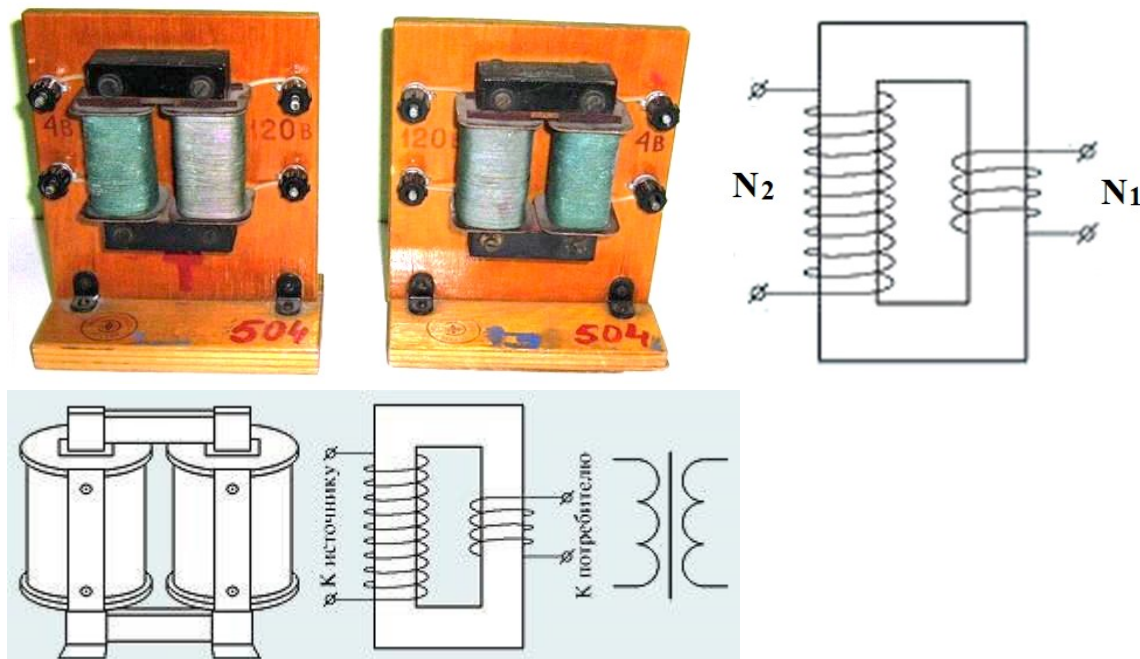


Рисунок 1

### Задание 2.

**Вопросы для закрепления теоретического материала к практическому занятию:**

1. Рассказать о назначении, устройстве и принципе действия трансформатора.

2. С какой целью магнитопровод набирают из тонких изолированных пластин электротехнической стали?
3. Каков КПД современных трансформаторов?
4. С какой целью для передачи электрической энергии используют трансформатор? Ответ обосновать
5. Кто является изобретателем трансформаторов? Кем впервые была решена задача передачи электроэнергии без больших потерь?
6. Каково напряжение ЛЭП России?
7. Что вы знаете о единой энергосистеме в России и энергосистеме МИР?

### Задание 3.

**Содержание и Последовательность выполнения:**

#### Трансформация тока. Повышение напряжения

**Оборудование.** 1. Трансформаторы на вертикальных панелях с одинаковым и разным количеством обмоток (по 1 шт.). 2. Источник электрической энергии на 4 В (выпрямитель В-24 М). 3. Вольтметры переменного тока до 4 (2 шт.) и 120 В. 4. Амперметры переменного тока до 2 и 6 А. 5. Ключ. 6. Соединительные провода.

#### Порядок выполнения работы

1. Составить электрическую цепь по схеме, рисунок 2.
2. После проверки цепи преподавателем замкнуть ключ; пронаблюдать работу электрической цепи и сделать вывод.
3. Составить электрическую цепь по схеме, рисунок 3
4. После проверки цепи преподавателем, замкнуть ключ, пронаблюдать работу электрической цепи
5. Снять показания измерительных приборов и занести в таблицу 1
6. Определить коэффициент трансформации и сделать вывод

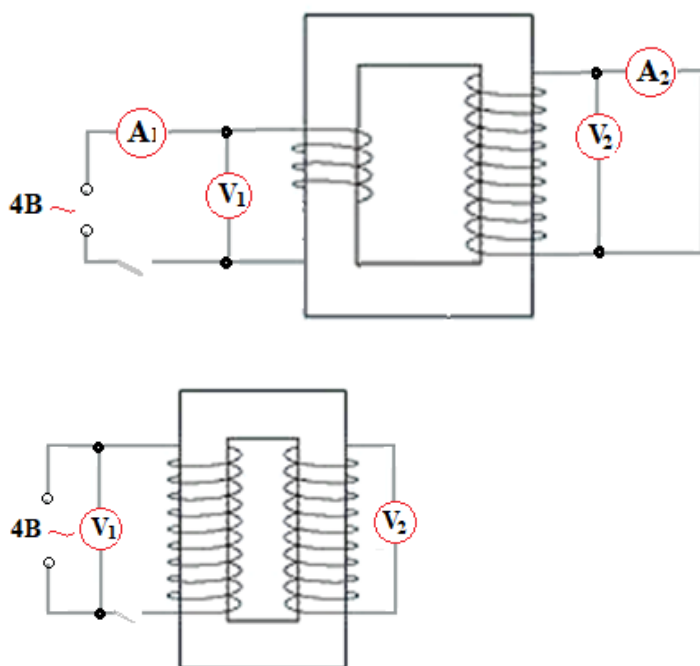


Рисунок 2 Рисунок 3

Таблица 1

| Номер опыта | Сила тока в обмотках       |                            | Напряжение На концах обмоток |                            | Коэффициент трансформации k |
|-------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|             | Первичной I <sub>1</sub> А | Вторичной I <sub>2</sub> А | Первичной U <sub>2</sub> В   | Вторичной U <sub>1</sub> В |                             |

**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю.

**Лабораторное занятие №15**

**Тема: Определение показателя преломления стекла**

**Цель:** измерить показатель преломления стекла. Сделать вывод о совпадении полученного результата табличным значением.

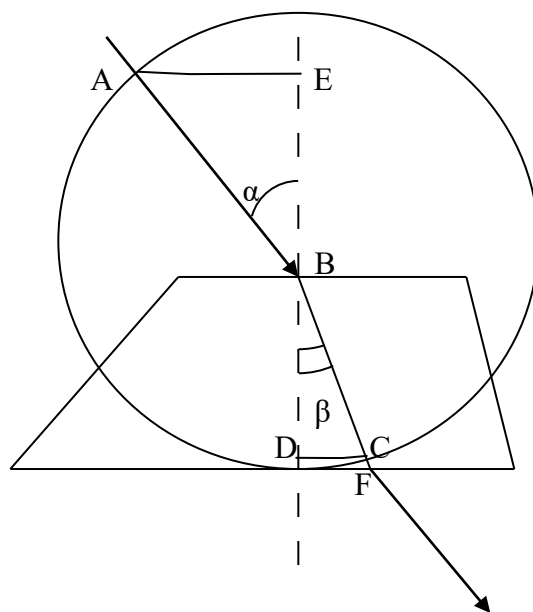
**Оборудование:** источник света, экран с щелью, стеклянная пластина, циркуль (или транспортир), угольник.

**Методические указания:** выполните задания

**Ход выполнения.**

### Задание 1.

- 1) Обведите стеклянную пластину (рисунок расположить в центре листа).
- 2) С помощью экрана получите тонкий луч света.
- 3) Направьте луч света на пластину. Отметьте двумя точками падающий луч и луч, вышедший из пластины. Соединив точки, постройте падающий луч и вышедший луч. В точке падения В пунктиром восстановите перпендикуляр к плоскости пластины. Точка F – место выхода луча из пластины. Соединив точки В и F, постройте преломленный луч BF.



- 4) Для определения показателя преломления используем закон преломления света:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

- 5) Постройте окружность произвольного радиуса (взять радиус окружности как можно больше) с центром в точке В.
- 6) Обозначьте точку А пересечения падающего луча с окружностью и точку С пересечения преломленного луча с окружностью.
- 7) Из точек А и С опустить перпендикуляры на перпендикуляр к плоскости пластины. Полученные треугольники ВАЕ и ВСД – прямоугольные с равными гипотенузами ВА и ВС (радиус окружности).
- 8) Следовательно, отношение синусов углов можно заменить отношением противолежащих катетов:

$$n = \frac{AE}{CD}$$

- 9) Измерьте катеты АЕ и CD. Рассчитайте показатель преломления стекла. Сравните полученный результат с табличным значением  $n_{\text{таб.}} = 1,6$ .

- 10) Результаты занесите в таблицу:

| Катет АЕ, мм | Катет CD, мм | Показатель преломления n |
|--------------|--------------|--------------------------|
|              |              |                          |

Сделайте вывод.

**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю.

### Лабораторное занятие №16

**Тема:** Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки

**Цель:** измерить длину световой волны с помощью дифракционной решетки.

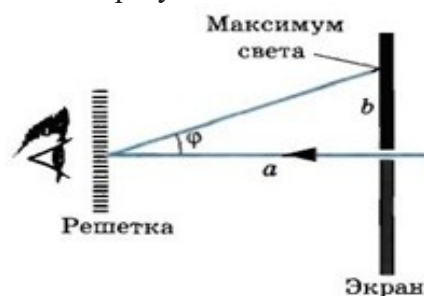
**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания

**Ход выполнения:**

**Задание 1.**

1. Соберите измерительную установку, установите экран на расстоянии 50 см от решетки.
2. Глядя сквозь дифракционную решетку и щель в экране на источник света и перемещая решетку в держателе, установите ее так, чтобы дифракционные спектры располагались параллельно шкале экрана.
3. Вычислите длину волны красного цвета в спектре 1-го порядка справа и слева от щели в экране, определите среднее значение результатов измерения.
4. Прodelайте то же для фиолетового цвета.
5. Сравните полученные результаты с длинами волн красного и фиолетового цвета на рис. V, 1



цветной вклейки.

6. Изучите устройство спектроскопа.

**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю.

### Лабораторное занятие №17

**Тема:** Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки

**Цель:** опытным путем определить длину световой волны.

**Оборудование:** прибор для определения длины световой волны, дифракционная решетка и источник света.

**Методические указания:** выполните задания

**Ход выполнения.**

**Задание 1.**

**Теоретическая часть работы:** Дифракционная решетка представляет собой совокупность большого числа узких щелей, разделенных непрозрачными промежутками.

$d = a + b$  – период дифракционной решетки

$d \cdot \sin \varphi = k \cdot \lambda$ ,  $k = 0, 1, 2, \dots$  – формула дифракционной решетки,

$\varphi$  – угол, под которым наблюдается максимум света соответствующего цвета.

В работе используется дифракционная решетка с периодом 1/100 мм, 1/50 мм (период указана на решетке). Она является основной частью измерительной установки показанной на рис.1. Решетка 1 устанавливается в держателе 2, который прикреплен к концу линейки 3. На линейке же устанавливается черный экран 4 с узкой вертикальной щелью 5, посередине, экран может перемещаться вдоль линейки, что позволяет изменять расстояние между ним и дифракционной решеткой (для получения наибольшей резкости). На экране и линейке имеются мм шкалы. Если смотреть сквозь решетку и прорез на источник света, то на черном фоне экрана можно наблюдать по обе стороны от щели дифракционные спектры 1-го, 2-го и т. д. порядков (случайный перекося в расположении спектров устраняется поворотом рамки с решеткой).

Длину волны определяем по формуле:  $\lambda = (d \cdot \sin \varphi) / k$ .

Используя рис.2 и формулу дифракционной решетки, докажете, что длину световой волны можно определить по формуле:  $\lambda = (d \cdot b) / (k \cdot a)$ ,  $k$  – порядок спектра.

При выводе этой формулы учтите, что вследствие малости углов (не менее  $> 5^\circ$ ) под которым наблюдаются максимумы, их  $\sin$  можно заменить на  $\tan$ .

Расстояние  $a$  отсчитывают по линейке от решетки до экрана,  $b$  – по шкале экрана от щели до выбранной линии спектра. В этой работе погрешность измерений  $\lambda$  не оценивается из-за неопределенности выбора середины части спектра данного цвета.

**Задание №2**

- 1) Собрать измерительную установку, установить экран на расстоянии, на котором четко просматриваются спектры.
- 2) Глядя сквозь дифракционную решетку и щель в экране на источник света, и перемещая экран, установите его так, чтобы дифракционные спектры располагались параллельно шкале экрана.
- 3) Не двигая прибора, по шкале определите положение середин цветных полос в спектрах I порядка. Результаты запишите в таблицу. Определить среднее значение результатов измерения.

| Цвет полос    | b справа | b слева | b среднее | a | d | $\lambda$ | k |
|---------------|----------|---------|-----------|---|---|-----------|---|
| 1) красный    |          |         |           |   |   |           |   |
| 2) желтый     |          |         |           |   |   |           |   |
| 3) зеленый    |          |         |           |   |   |           |   |
| 4) фиолетовый |          |         |           |   |   |           |   |

#### Расчеты:

- 4) Сравните полученные результаты, полученные результаты с длинами волн этих цветов на цветной наклейке или по предложенной таблице:

| Цвет          | Длина волны,<br>нм | Ширина участка,<br>нм |
|---------------|--------------------|-----------------------|
| Красный       | 800 – 620          | 180                   |
| Оранжевый     | 620 – 585          | 35                    |
| Желтый        | 585 - 575          | 10                    |
| Желто-зеленый | 575 - 550          | 25                    |
| Зеленый       | 550 – 510          | 40                    |
| Голубой       | 510 – 480          | 30                    |
| Синий         | 480 – 450          | 30                    |
| Фиолетовый    | 450 - 390          | 60                    |

- 5) Сделайте вывод.

#### Задание №3. Наблюдение дифракции света в грампластинке(78 об/мин., 33 об/мин.)

- 1) Взять отрезок пластинки в правую руку и приставить справа к глазу так, чтобы бороздки расположились вертикально, то есть параллельно нити лампы, а свет от лампы падал на поверхность под различными углами. Наблюдение лучше вести в затемненной комнате.
- 2) Сделайте вывод зависимости отчетливости и яркости полученных спектров от количества бороздок и угла падения лучей.

#### Задание 4.

##### Контрольные вопросы:

- 1) Почему в центральной части спектра полученного на экране при освещении дифракционной решетки белым светом, всегда наблюдается белая полоса?
- 2) Дифракционные решетки имеют 50 и 100 штрихов на 1 мм. Какая из них даст на экране более широкий спектр при прочих равных условиях?
- 3) Как изменяется картина дифракционного спектра при удалении экрана от решетки?
- 4) Какие трудности встречаются при постановке дифракционных опытов и как можно их преодолеть?
- 5) Чем отличается дифракционный спектр от дисперсионного (призматического) спектра?
- 6) Почему с помощью микроскопа нельзя увидеть атом?
- 7) Каковы причины погрешностей измерений?
- 8) Почему красная часть спектра любого порядка расположена ближе к центру от центра шкалы?
- 9) Сколько порядков спектра можно наблюдать с помощью данного прибора?
- 10) Какие физические величины или характеристики можно определить с помощью данного прибора?

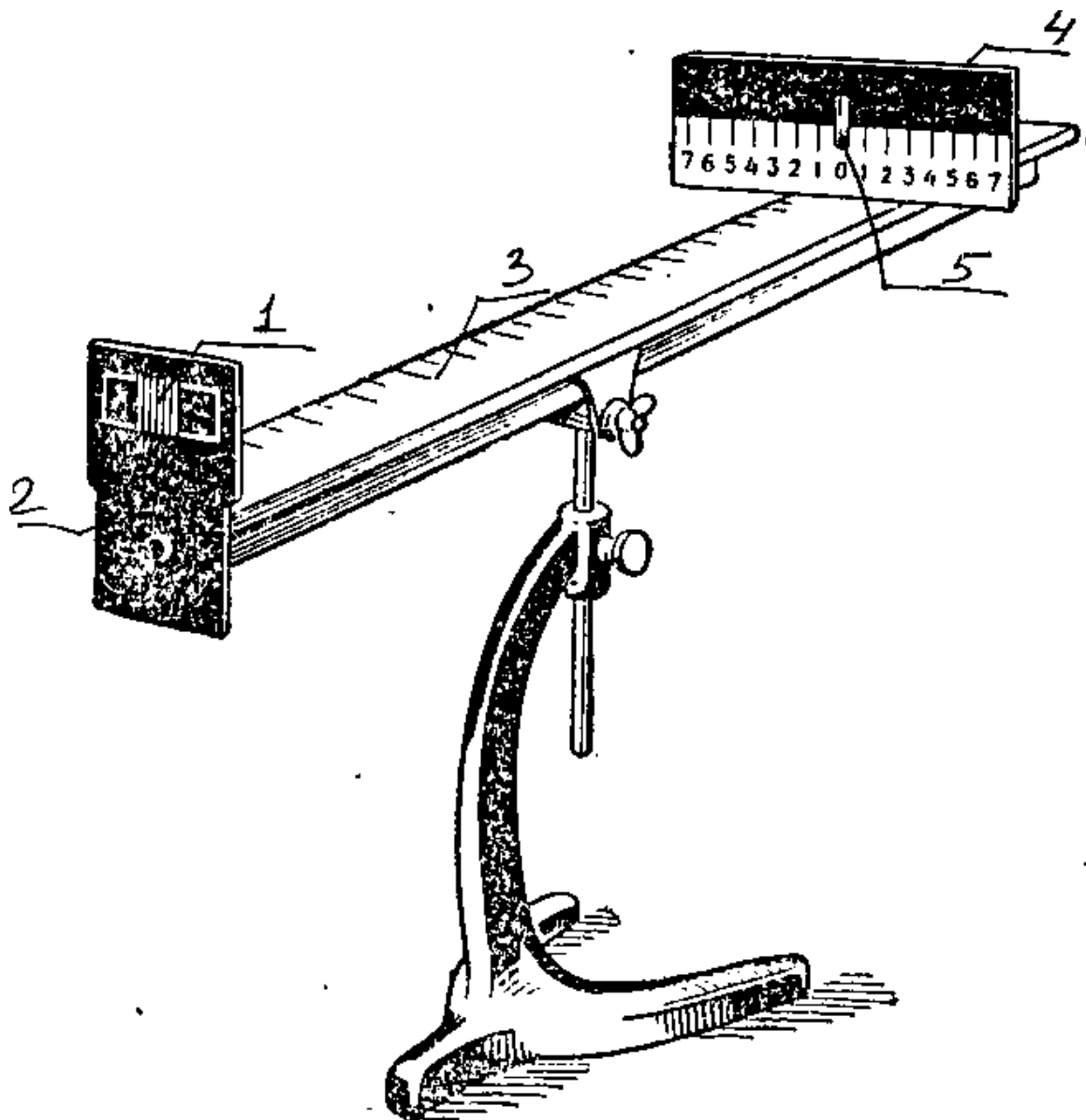


Рис. 1. Прибор для определения длины волны света.

1 – дифракционная решетка;

4 – экран;

2 – держатель;

3 – линейка;

5 – вертикальная щель

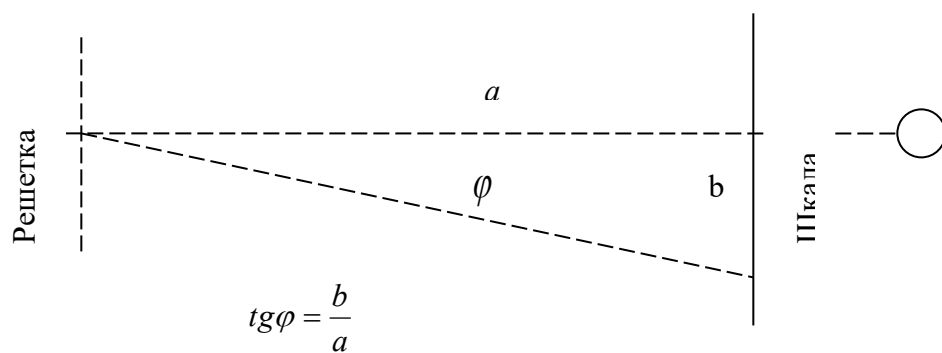
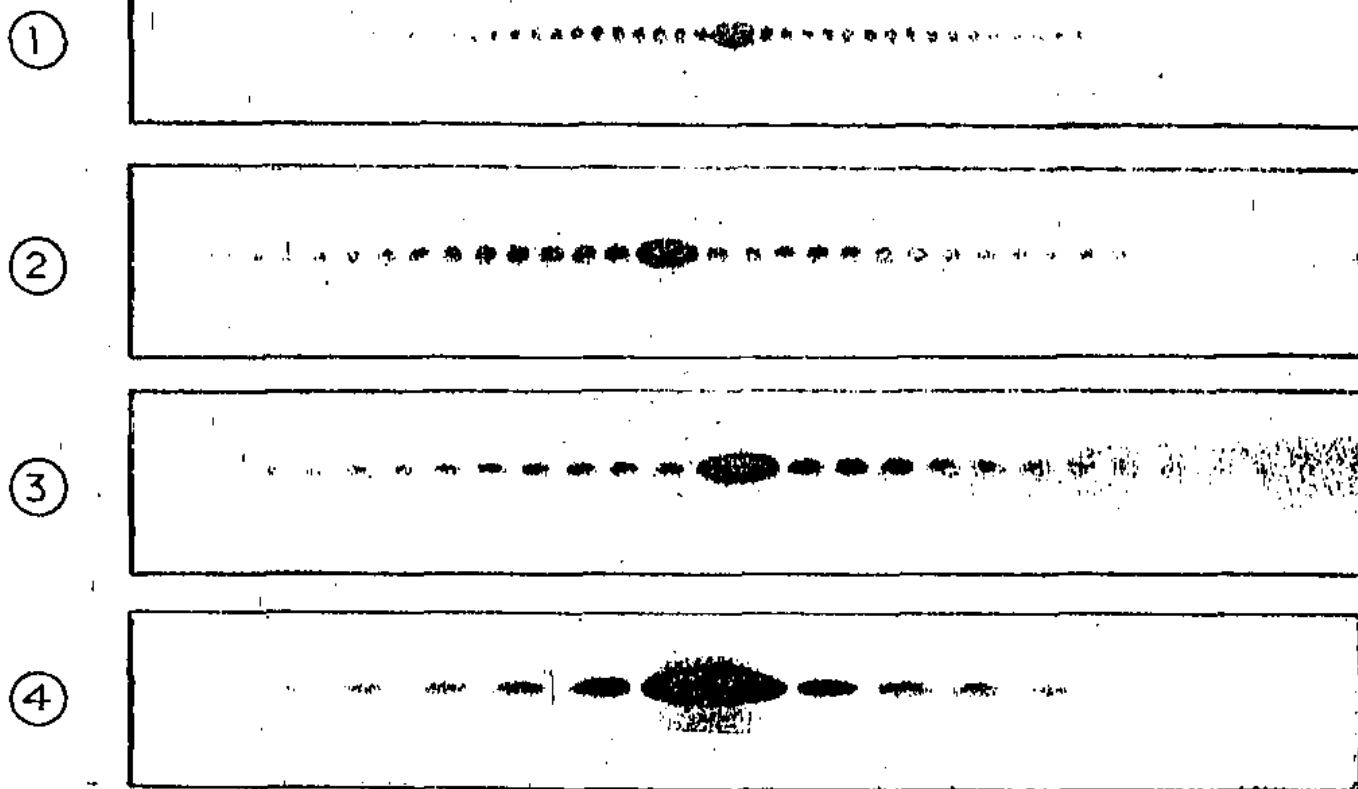


Рис. 2. Схема опыта по определению длины волны.

**Определение длины световой волны по готовым фотографиям.**





Установка для получения фотографий состоит из лазера ЛГИ – 207Б, щели и экрана (расположенного на расстоянии  $L = 1,2$  м от щели); на последний помещается лист фотобумаги. Время экспозиции центрального дифракционного пятна составляет 10 – 15 с, остальной части картины – 3 мин.

Были получены 4 фотографии дифракционных картин, соответствующие различной ширине щели:  $b_1 = 0,33$  мм (рис. 1),  $b_2 = 0,20$  мм (рис. 2),  $b_3 = 0,15$  мм (рис. 3),  $b_4 = 0,10$  мм (рис. 4).

Наблюдаемая на экране дифракционная картина является френгоферовой, поэтому для определения длины волны можно использовать условие дифракционного минимума:  $b \sin \varphi = k \lambda$ . Ввиду малости угла  $\varphi$  выполняется условие  $\sin \varphi \approx \tan \varphi = a/L$ , где  $a$  – расстояние от середины максимума нулевого порядка до минимума  $k$  – го порядка. Тогда формула для расчета длины волны имеет вид:

$\lambda = \frac{ab}{kL}$ . Относительная погрешность  $\varepsilon_\lambda$  длины волны в этом случае определяется выражением:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta L}{L}.$$

Так как погрешность уменьшается с увеличением ширины  $b$  и расстояния  $a$ , то для вычисления  $\lambda$  используется рис. 1. При  $k = 15$  и  $a = 35$  мм длина волны  $\lambda = 610$  нм.

Затем, используя полученное значение  $\lambda$  и значения ширины щели  $b_2$ ,  $b_3$  и  $b_4$ , необходимо вычислить положения  $a_2$ ,  $a_3$ ,  $a_4$  минимумов 5-го порядка. Сравнивая полученные значения  $a_i$  с измерениями на рис. 2 - 4, необходимо сделать выводы о справедливости условия дифракционного минимума для щели и изменения вида дифракционной картины в зависимости от ширины щели.

#### Задание 5.

1. По фотографии (рис. 1) определить положение 15-го дифракционного минимума относительно середины центрального максимума.

2. По формуле  $\lambda = \frac{ab}{kL}$  рассчитать длину световой волны.

3. Используя ту же формулу, рассчитать положение 15-го дифракционного минимума при ширине щели  $b_2$ ,  $b_3$  и  $b_4$ .

4. По фотографиям (рис. 2 - 4) найти положение этих же минимумов и сравнить полученные значения с вычислениями.

5. Сделать выводы.

**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю.

### Лабораторное занятие №18

**Тема:** Наблюдение сплошного и линейчатого спектров

**Цель:** выделить основные отличительные признаки сплошного и линейчатого спектров, определить по спектрам испускания исследуемые вещества.

**Оборудование:** генератор «Спектр», спектральные трубки с водородом, криптоном, гелием, источник питания, соединительные провода, лампа с вертикальной нитью накала, спектроскоп.

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения**

#### Задание 1.

1. Расположите спектроскоп горизонтально перед глазом. Пронаблюдать и зарисовать сплошной спектр.

2. Выделить основные цвета полученного сплошного спектра и записать их в наблюдаемой последовательности.

3. Наблюдать линейчатые спектры различных веществ, рассматривая светящиеся спектральные трубки через спектроскоп. Зарисовать спектры и записать наиболее яркие линии спектров.

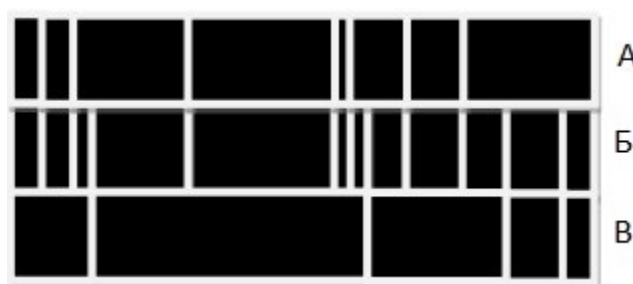
4. По таблице определить каким веществам принадлежат данные спектры.

5. Сделайте вывод.

6. Выполните следующие задания:

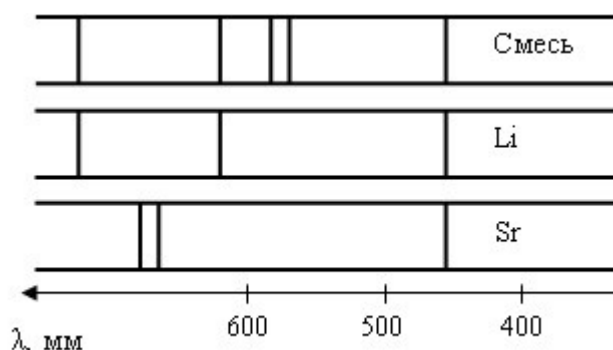
а. На рисунках А, Б, В приведены спектры излучения газов А и В и газовой смеси Б. На основании анализа этих участков спектров можно сказать, что смесь газов содержит:

1. только газы А и В;
2. газы А, В и другие;
3. газ А и другой неизвестный газ;
4. газ В и другой неизвестный газ.



б. На рисунке приведен спектр поглощения смеси паров неизвестных металлов. Внизу – спектры поглощения паров лития и стронция. Что можно сказать о химическом составе смеси металлов?

1. смесь содержит литий, стронций и еще какие-то неизвестные элементы;
2. смесь содержит литий и еще какие-то неизвестные элементы, а стронция не содержит;
3. смесь содержит стронций и еще какие-то неизвестные элементы, а лития не содержит;
4. смесь не содержит ни лития, ни стронция.



**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю.

## Лабораторное занятие №19

**Тема:** Изучение карты звездного неба

**Цель:** изучить карту звездного неба.

**Оборудование:** тетрадь, Ручка, карта звездного неба

**Методические указания:** выполните задания.

1. Главное в этой работе - качественно отметить характер движения Луны и изменение ее фаз. Поэтому достаточно провести 3-4 наблюдения с интервалом в 2-3 дня.
2. Учитывая неудобства в проведении наблюдений после полнолуния (из-за позднего восхода Луны), в работе предусматривается проведение наблюдений только половины лунного цикла от новолуния до полнолуния.
3. При зарисовке лунных фаз надо обращать внимание на то, что суточное изменение положения терминатора в первые дни после новолуния и перед полнолунием значительно меньше, чем вблизи первой четверти. Это объясняется явлением перспективы к краям диска.

**Ход выполнения:**

### Задание 1.

1. Пользуясь астрономическим календарем, выбрать удобный для наблюдений Луны период (достаточно от новолуния до полнолуния).
2. В течение этого периода несколько раз произвести зарисовку лунных фаз и определить положение Луны на небосводе относительно ярких звезд и относительно сторон горизонта. Результаты наблюдений занести в таблицу<sup>1</sup>.

| Дата и час наблюдения | Фаза Луны и возраст в днях | Положение Луны на небосводе относительно горизонта |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------------------------------|
|                       |                            |                                                    |

3. При наличии карт экваториального пояса звездного неба, нанести на карту положения Луны за этот промежуток времени, пользуясь координатами Луны, приведенными в Астрономическом календаре.

4. Сделать вывод из наблюдений.
  - а) В какой направлении относительно звезд перемещается Луна с востока на запад? С запада на восток?
  - б) В какую сторону обращен выпуклостью серп молодой Луны, к востоку или западу?

**Форма отчета:** оформить на листах формата А4 и сдать преподавателю.

## Практическое занятие №1

### Решение задач с профессиональной направленностью

**Тема:** Решение задач по теме: «Кинематика»

**Цель:** закрепить умение применять формулы по кинематике

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

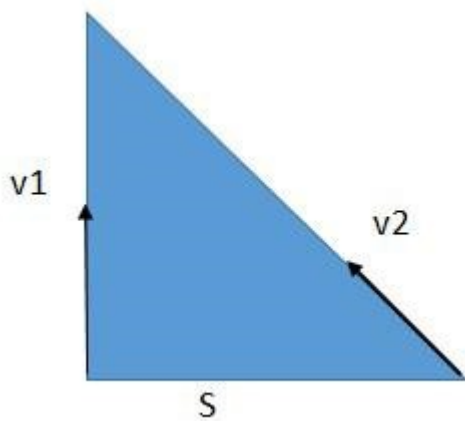
Вывести из основной формулы рабочую формулу.

### Задача №1. Относительность движения

**Условие**

Теплоход движется по озеру параллельно берегу со скоростью  $v_1 = 25$  км/ч. От берега отходит катер со скоростью  $v_2 = 40$  км/ч. Через какое наименьшее время катер сможет догнать теплоход, если в начальный момент теплоход и катер находились на одной нормали к берегу и расстояние между ними было  $S = 1$  км?

**Решение**



$t$  – искомое наименьшее время. Катер может двигаться по самым разным траекториям, но для того, чтобы догнать теплоход за наименьшее время с максимальной скоростью, катеру нужно плыть по прямой в некоторую точку, в которую теплоход приплывет одновременно с прибытием туда катера. В таком случае траектории теплохода и катера образуют прямоугольный треугольник вместе с отрезком, соединяющим их положения в начальный момент времени. Расстояния, пройденные соответственно теплоходом и катером до момента встречи:

$$S_1 = v_1 t$$

$$S_2 = v_2 t$$

Далее воспользуемся теоремой Пифагора:

$$S_2^2 = S^2 + S_1^2$$

$$v_2^2 t^2 = v_1^2 t^2 + S^2$$

$$t = \frac{S}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}$$

Переводим в СИ и подставляем значения

$$t = \frac{1000}{\sqrt{123,2 - 48,2}} = 115 \text{ c}$$

**Ответ:** 115 секунд.

## **Задача №2. Свободное падение тел**

### **Условие**

Камень, свободно падающий без начальной скорости, пролетел вторую половину пути за 1 секунду. С какой высоты  $h$  упал камень?

### **Решение**

Направим ось  $Y$  вертикально вниз. За начало координат примем точку, из которой летел камень. Закон движения камня в проекции на ось имеет вид:

$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

$$h = \frac{gt^2}{2}$$

$$v = v_0 + gt$$

$$v = gt$$

Время падения камня:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Для середины пути справедливы соотношения:

$$\frac{h}{2} = \frac{gt_1^2}{2}$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{h}{g}}$$

Время  $t_2$ , за которое пройдена вторая половина пути (оно известно по условию), можно вычислить по формуле:

$$t_2 = t - t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}} - \sqrt{\frac{h}{g}}$$

$$t_2^2 = \frac{h}{g} (\sqrt{2} - 1)^2$$

Отсюда находим высоту:

$$t_2^2 = \frac{h}{g} (\sqrt{2} - 1)^2$$

$$h = \frac{t_2^2 g}{(\sqrt{2} - 1)^2} = \frac{9,81}{0,17} = 57,7 \text{ м}$$

**Ответ:** 57,7 метров

### **Задача №3. Движение по окружности**

#### **Условие**

Каковы линейная и угловая скорости точек на экваторе Земли при ее вращении вокруг своей оси?

#### **Решение**

Линейную и угловую скорости при движении по окружности можно найти по формулам:

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

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

Обратимся к справочнику и найдем радиус Земли: 6370 км. Период обращения – 24 часа или 86400 сек. Осталось произвести вычисления:

$$v = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6370 \cdot 10^3}{86,4 \cdot 10^3} = 463 \text{ м/с}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14}{86,4 \cdot 10^3} = 7,3 \cdot 10^{-5} \text{ рад/с}$$

**Ответ:** 463 метра в секунду; 7,3 на 10 в минус пятой степени радиан в секунду.

#### **Задача №4. Равномерное движение**

##### **Условие**

Автомобиль проехал два одинаковых участка пути с разными скоростями ( $v_1=15$  м/с,  $v_2=10$  м/с). Найти среднюю скорость автомобиля.

##### **Решение**

Средняя скорость при равномерном прямолинейном движении равна отношению пройденного пути к затраченному времени.

$$v = \frac{S}{t} = \frac{S}{t_1 + t_2} = \frac{S}{\frac{S/2}{v_1} + \frac{S/2}{v_2}} = \frac{2v_1v_2}{v_2 + v_1}$$

$$v = \frac{2 \cdot 15 \cdot 10}{15 + 10} = 12 \text{ м/с}$$

**Ответ:** 12 метров в секунду.

#### **Задача №5. Равноускоренное движение**

##### **Условие**

Движение тела описывается уравнением  $x = At + Bt^2$ , где  $A = 4$  м/с,  $B = -0.05$  м/с<sup>2</sup>. Найти координату и ускорение тела в момент времени, когда скорость тела обращается в ноль.

##### **Решение**

Подставим значения из условия и запишем закон движения тела, скорость и ускорение найдем соответственно как первую и вторую производные:

$$x = 4t - 0,05t^2$$

$$v = \frac{dx}{dt} = 4 - 0,1t$$

$$a = \frac{dv}{dt} = -0,1$$

В момент, когда скорость равна нулю:

$$v = 0 = 4 - 0,1t$$

$$t = \frac{4}{0,1} = 40 \text{ с}$$

$$x = 4 \cdot (40) - 0,05 \cdot (40)^2 = 80 \text{ м}$$

**Ответ:** 80 метров; -0,1 метра на секунду в квадрате.

#### **Вопросы по теме "Кинематика"**

**Вопрос 1.** Чем отличается путь от перемещения?

**Ответ.** Путь – скалярная величина, равная длине траектории. Перемещение – вектор, соединяющий начальную и конечную точки пути.

**Вопрос 2.** Что изучает кинематика?

**Ответ.** Кинематика изучает движение тел, величины и связи, характеризующие его. Кинематика не изучает причины, по которым происходит движение.

**Вопрос 3.** Может ли ускорение быть отрицательным?

**Ответ.** Ускорение – векторная величина, отрицательной может быть его проекция на координатную ось. Например, если ускорение направлено противоположно скорости, тело будет замедляться.

**Вопрос 4.** Что такое инерциальная система отсчета?

**Ответ.** Инерциальная система отсчета – такая система, в которой свободные тела движутся равномерно и прямолинейно (или покоятся), если на них не действуют внешние силы (или действие этих сил скомпенсировано).

**Вопрос 5.** В чем заключается относительность движения?

**Ответ.** Положение и перемещение тела в пространстве всегда описывается относительно другого тела (тела отсчета), с которым связана система отсчета и координаты. В зависимости от выбора тела отсчета, движение может описываться по-разному.

### **Практическое занятие № 2.**

#### **Решение задач с профессиональной направленностью**

**Тема:** Решение задач по теме: «Законы сохранения импульса»

**Цель:** научиться измерять потенциальную энергию поднятого над землей тела и упруго деформированной пружины, сравнить два значения потенциальной энергии системы.

**Оборудование:** штатив с муфтой и лапкой, динамометр лабораторный с фиксатором, лента измерительная, груз на нити длиной около 25 см, тетрадь, ручка.

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

Виды самостоятельной работы: проведение эксперимента, заполнение значениями физических величин таблицы, сравнение двух значений.

Краткая теория

Закон сохранения энергии в замкнутой системе: полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих между собой только консервативными силами, при любых движениях этих тел не изменяется. Происходят лишь взаимные превращения потенциальной энергии тел в их кинетическую энергию и обратно.

$$W = W_k + W_{\text{п}} = \text{const}$$

## Алгоритм решения задач на законы сохранения энергии

1. Краткая запись условия задачи; СИ.
2. Чертеж, на котором показать начальное и конечное состояние тела или системы тел, указать, какой энергией обладало тело в каждом состоянии.
3. Запись закона сохранения или изменения энергии и других необходимых уравнений.
4. Решение уравнения в общем виде.
5. Проверка по размерности, выполнение расчетов, оценка достоверность результата, запись ответа.



далее

### Порядок выполнения работы

1. Привяжите груз к нити, другой конец нити привяжите к крючку динамометра и измерьте вес груза  $F_1 = mg$  (можно использовать массу груза, если она известна).
2. Измерьте расстояние  $l$  от крючка динамометра до центра тяжести груза.
3. Поднимите груз до высоты крючка динамометра и отпустите его. Поднимая груз, расслабьте пружину и укрепите фиксатор около ограничительной скобы.
4. Снимите груз и по положению фиксатора измерьте линейкой максимальное удлинение  $\Delta l$  пружины.
5. Растяните рукой пружину до соприкосновения фиксатора с ограничительной скобой и отсчитайте по шкале максимальное значение модуля силы упругости пружины. Среднее значение силы упругости равно  $F/2$ .
6. Найдите высоту падения груза. Она равна  $h = l + \Delta l$ .
7. Вычислите потенциальную энергию системы в первом положении груза, т.е. перед началом падения, приняв за нулевой уровень значение потенциальной энергии груза в конечном его положении:  $E'_p = mgh = F_1(l + \Delta l)$ .

В конечном положении груза его потенциальная энергия равна нулю. Потенциальная энергия системы в этом состоянии определяется лишь энергией упругодеформированной пружины:

8. Вычислите ее.

13

9. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

|          |     |            |                     |                            |  |
|----------|-----|------------|---------------------|----------------------------|--|
| $F = mg$ | $l$ | $\Delta l$ | $Fh = l + \Delta l$ | $E'_p = F_1(l + \Delta l)$ |  |
|          |     |            |                     |                            |  |
|          |     |            |                     |                            |  |

10. Сравните значения потенциальной энергии в первом и втором состояниях системы и сделайте вывод.

### Разберите решение следующих задач.

1. Два неупругих тела, массы которых 2 и 6 кг, движутся навстречу друг другу со скоростями 2 м/с каждое. Определить модуль и направление скорости каждого из этих тел после удара.

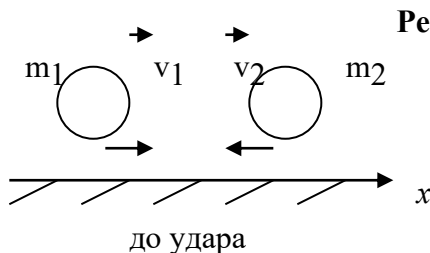


**Дано:**  
 $m_1 = 2 \text{ кг}$   
 $v$   
 $m_2 = 6 \text{ кг}$   
 $v_1 = v_2 = 2 \text{ м/с}$

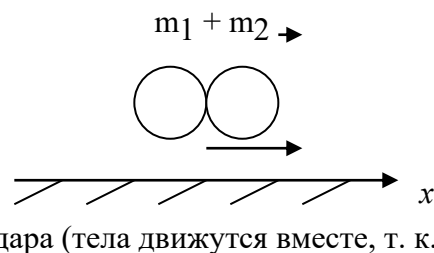
они неупругие)

**Найти:**

$v$  - ?



**Решение:**



$$\vec{m_1 v_1} + \vec{m_2 v_2} = (\vec{m_1 + m_2})v - \text{закон сохранения импульса.}$$

$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = (m_1 + m_2)v - \text{проекция закона сохранения импульса на ось } x.$$

$$\text{Выразим } v = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2}; \text{ рассчитаем } v = \frac{2 \cdot 2 - 2 \cdot 6}{2 + 6} = -1 \text{ м/с.}$$

**Ответ:** после удара тела движутся со скоростью 1 м/с по направлению движения тела с большей массой.

2. Камень брошен вертикально вверх со скоростью 10 м/с. На какой высоте кинетическая энергия камня равна его потенциальной энергии?

**Дано:**

$v = 10 \text{ м/с}$

бросания, равная

**Решение:**

$$E_1 = E_2 - \text{закон сохранения энергии, где } E_1 = \frac{mv^2}{2} - \text{энергия камня в точке}$$

**Найти:**

удобно

$h$  - ?

кинетической энергии камня, т. к. в точке бросания потенциальную энергию камня

принять за ноль.

$$E_2 = E_{k2} + E_{p2} = 2 E_{p2} = 2 mgh - \text{энергия камня на высоте } h.$$

$$\frac{mv^2}{2} = 2mgh, \text{ отсюда } h = \frac{v^2}{4g}; h = \frac{10^2}{4 \cdot 9,8} \approx 2,5 \text{ м}$$

**Ответ:** на высоте около 2,5 м кинетическая энергия камня равна его потенциальной энергии.

3. Математический маятник длиной 2,5 м совершает колебания с амплитудой 10 см. Написать уравнение движения  $x = x(t)$ .

**Дано:**

$l = 2,5 \text{ м}$

$x_m = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$

**Решение:**

$$x = x_m \cos \omega t - \text{уравнение колебаний математического маятника; где } \omega = \sqrt{\frac{g}{l}} = \sqrt{\frac{9,8}{2,5}} \approx 2 \text{ рад/с.}$$

**Найти:**

$x(t)$  - ?

$$\text{Ответ: } x = 0,1 \cos 2t.$$

**Решите следующие задачи.**

1. Вагон массой 20 т, движущийся со скоростью 0,3 м/с, нагоняет вагон массой 30 т, движущийся со скоростью 0,2 м/с. Какова скорость вагонов после того, как сработает автосцепка?

2. Каковы значения потенциальной и кинетической энергии искры окалины при проведении сварочных работ массой 0,05 г, со скоростью 30 м/с вертикально вверх, через 2 с после начала движения?

3. Уравнение движения имеет вид  $x = 0,06 \cos 100\pi t$ . Каковы амплитуда, частота и период колебаний?

Требования к содержанию отчета Отчет должен содержать:

- название лабораторной работы;
- цель работы;
- оборудование;
- порядок выполнения работы;
- вывод;
- ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1) Сформулируйте закон сохранения энергии
- 2) Какие силы называются консервативными?

3) По какой формуле определяется кинетическая энергия тела?

### Практическое занятие № 3.

#### Решение задач с профессиональной направленностью

**Тема: Решение задач по теме: «Законы сохранения механики»**

**Цель:** Повторить, обобщить и систематизировать знания обучающихся по теме «Законы сохранения в механике».

**Оборудование:** тетрадь, ручка

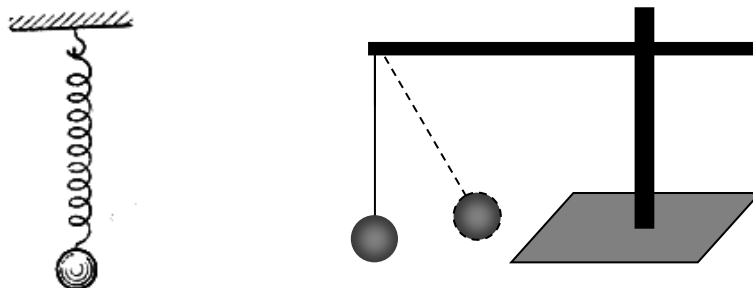
**Методические указания:** выполните задания.

#### Ход выполнения:

Вывести из основной формулы рабочую формулу и выбрать правильный вариант ответа.

На столе лежат различные предметы (детский мяч, игрушечные машинки, воздушный шарик) и стоят опытные установки (1. нитяной и пружинный маятники, 2. наклонная плоскость, деревянный брусок, металлический шарик).

1-я опытная установка:



2-я опытная установка:



Используя данные предметы или опытные установки, доказать выполнимость законов сохранения в механике

Выполнить тест

| 1 вариант                                                                                                                                                                                                                                                | 2 вариант                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. В каких единицах измеряют импульс в системе СИ?</b><br>А) 1 кг                      Б) 1 Н<br>В) 1 кг*м/с                Г) 1 Дж                                                                                                                   | <b>1. В каких единицах измеряют энергию в системе СИ?</b><br>А) 1 Вт                      Б) 1 Н<br>В) 1 кг*м/с                Г) 1 Дж                                                                                                            |
| <b>2. Какая из названных ниже физических величин является векторной?</b><br>А) работа                Б) энергия<br>В) сила                    Г) масса                                                                                                   | <b>2. Какая из названных ниже физических величин является скалярной?</b><br>А) сила                    Б) работа<br>В) импульс                Г) перемещение                                                                                      |
| <b>3. Какое выражение соответствует определению кинетической энергии тела?</b><br>А) $mv$ Б) $mv^2$<br>В) $mv^2/2$ Г) $Ft$                                                                                                                               | <b>3. Какое выражение соответствует определению импульса тела?</b><br>А) $ma$ Б) $mv$<br>В) $Ft$ Г) $mv^2/2$                                                                                                                                      |
| <b>4. Какое выражение соответствует определению потенциальной энергии поднятого над Землей?</b><br>А) $mv^2/2$ Б) $mgh$<br>В) $kx^2/2$ Г) $mgh/2$                                                                                                        | <b>4. Какое выражение соответствует определению потенциальной энергии сжатой пружины?</b><br>А) $mv^2/2$ Б) $mgh$<br>В) $kx^2/2$ Г) $kx^2$                                                                                                        |
| <b>5. Какое из приведенных ниже выражений соответствует закону сохранения импульса для случая взаимодействия двух тел?</b><br>А) $m_1v_1/2 + mgh_1 = m_2v_2/2 + mgh_2$<br>Б) $Ft = mv_2 - mv_1$<br>Г) $p = mv$<br>В) $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1u_1 + m_2u_2$ | <b>5. Какое из приведенных ниже выражений соответствует закону сохранения механической энергии?</b><br>А) $A = mgh_2 - mgh_1$<br>Б) $A = mv_2^2/2 - mv_1^2/2$<br>В) $E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$<br>Г) $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1u_1 + m_2u_2$ |

|                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6. Как изменится потенциальная энергия деформированного тела при увеличении его деформации в 2 раза?<br>А) Увеличится в 4 раза      Б) Уменьшится в 2 раза<br>В) Увеличится в 2 раза      Г) Уменьшится в 4 раза | 6. Как изменится кинетическая энергия тела, если скорость тела уменьшится 2 раза?<br>А) Уменьшится в 4 раза      Б) Уменьшится в 1,5 раза<br>В) Уменьшится в 2 раза      Г) Уменьшится в 3 раза |
| 7. Каким видом энергии обладает парашютист во время прыжка?<br>А) ЕК    Б) ЕР    В) ЕК + ЕР    Г) Е=0                                                                                                            | 7. Каким видом энергии обладает мяч, удерживаемый под водой?<br>А) ЕК    Б) ЕР    В) ЕК + ЕР    Г) Е=0                                                                                          |
| 8. Каким видом энергии обладает мяч, лежащий на футбольном поле?<br>А) ЕК    Б) ЕР    В) ЕК + ЕР    Г) Е=0                                                                                                       | 8. Каким видом энергии обладает пружина часов после завода?<br>А) ЕК    Б) ЕР    В) ЕК + ЕР    Г) Е=0                                                                                           |
| 9. Какой знак имеет работа, совершаемая силой упругости при сжатии пружины?<br>А) $>0$ Б) $<0$ В) 0<br>Г) зависит от направления                                                                                 | 9. Какой знак имеет работа, совершаемая силой тяжести при подъёме тела?<br>А) $>0$ Б) $<0$ В) 0<br>Г) зависит от массы тела                                                                     |
| 10. Какой знак имеет работа, совершаемая силой Архимеда при погружении водолаза?<br>А) $>0$ Б) $<0$ В) 0<br>Г) зависит от массы тела                                                                             | 10. Какой знак имеет работа, совершаемая силой трения покоя?<br>А) $>0$ Б) $<0$ В) 0<br>Г) зависит от направления силы                                                                          |

**Ключ к тесту:**

|                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>1 вариант</b> | В | В | В | Б | В | А | В | Г | Б | Б |
| <b>2 вариант</b> | Г | Б | Б | В | В | А | Б | Б | Б | В |

**ВЫСТАВЛЕНИЕ БАЛЛОВ:**

9-10 правильных ответов – **5 баллов**

7-8 правильных ответов – **4 балла**

5-6 правильных ответов – **3 балла**

0-4 правильных ответов – **2 балла**

**1. Практикум решения задач. Решение видео задач.**

| Уровень задач | Условия задач                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | баллы                       |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| I             | 1. Поезд массой 2000 т, движется прямолинейно; увеличил скорость от 36 до 72 км/ч. Найти изменение импульса.<br>2. Какой кинетической энергией обладает тепловоз массой 34,5т при скорости движения 82 км/ч?<br>3. На какой высоте тело массой 5 кг будет обладать потенциальной энергией, равной 500 Дж.                                                                                                                                                                                                                                                          | 3 балла<br><br>Итого: 9 б.  |
| II            | 1. Вагон массой 20 т, движущийся со скоростью 0,3 м/с, нагоняет вагон массой 30 т, движущийся со скоростью 0,2м/с. Какова скорость вагонов после взаимодействия, если удар неупругий.<br>2. Снаряд, выпущенный вертикально вверх, достиг максимальной высоты 1 км. Какой скоростью он обладал на половине высоты?<br>3. Пружину игрушечного пистолета жесткостью 600Н/м сжали на 2см. Какую скорость приобретет пуля массой 15г при выстреле в горизонтальном направлении?                                                                                         | 4 балла<br><br>Итого: 12 б. |
| III           | 1. Деревянный шар массой 1,99кг висит на нити. В него попадает и застревает пуля массой 10г, летящая со скоростью 600м/с. Найти максимальную высоту, на которую поднимется шар.<br>2. Брусок массой 200г падает с высоты 0,8м на пружину, вертикально стоящую на столе. От попадания бруска пружина сжимается на 4см. Определите коэффициент жесткости пружины.<br>3. Троллейбус массой 15т трогается с места с ускорением 1,4м/с <sup>2</sup> . Найти работу силы тяги и работу силы сопротивления на первых 10м пути, если коэффициент сопротивления равен 0,02. | 5 баллов                    |

|  |  |              |
|--|--|--------------|
|  |  | Итого: 15 б. |
|--|--|--------------|

## Ответы:

| Уровни | Формулы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ответы                                                                                                                                                             |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I      | 1. $\Delta p = m \cdot (v - v_0)$<br>2. $E_k = m \cdot v^2 / 2$<br>3. $h = A / m \cdot q$                                                                                                                                                                                                                                  | 1.<br>$\Delta p = 2 \cdot 10^7 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$<br>2. $E_k \approx 9 \cdot 10^6 \text{ Дж}$<br>3. $h = 10 \text{ м}$                                   |
| II     | 1. $u = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 / m_1 + m_2$<br>2. $v = \sqrt{2 \cdot q \cdot (h - h/2)}$<br>3. $v_2 = \sqrt{k \cdot  \Delta \ell_1 ^2 / m}$                                                                                                                                                                         | 1. $u = 0,24 \text{ м/с}$<br>2. $v = 100 \text{ м/с}$<br>3. $v_2 = 4 \text{ м/с}$                                                                                  |
| III    | 1. $u = m \cdot v / m_1 + m_2$ , $h = u^2 / 2 \cdot q$<br>2. $k = 2 \cdot m \cdot q \cdot h /  \Delta \ell_1 ^2$<br>3. $A_{\text{тяги}} = F_{\text{тяги}} \cdot S$ , где<br>$F_{\text{тяги}} = m \cdot (a + \mu \cdot q)$<br>$A_{\text{сопр}} = -F_{\text{сопр}} \cdot S$ , где<br>$F_{\text{сопр}} = \mu \cdot m \cdot q$ | 1. $h = 0,45 \text{ м}$<br>2. $k = 2 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$<br>3.<br>$A_{\text{тяги}} = 24 \cdot 10^4 \text{ Дж}$<br>$A_{\text{сопр}} = -3 \cdot 10^4 \text{ Дж}$ |

### Практическое занятие № 4

#### Решение задач с профессиональной направленностью

**Тема:** Решение задач по теме «Динамика материальной точки»

**Цель:** закрепить умение применять формулы силы трения, силы тяжести, закон Гука и закон всемирного тяготения при решении задач; закрепить умение применять законы Ньютона при решении задач.

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

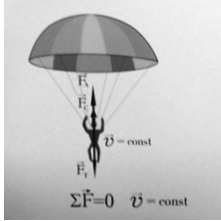
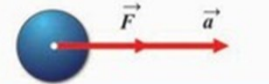
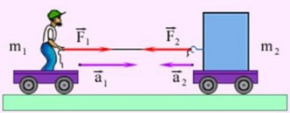
Вывести из основной формулы рабочую формулу.

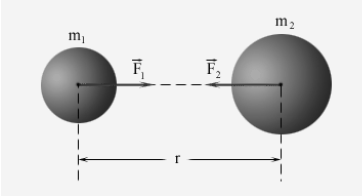
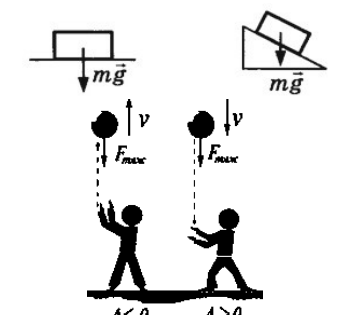
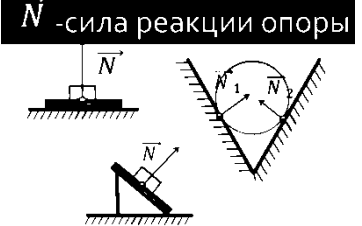
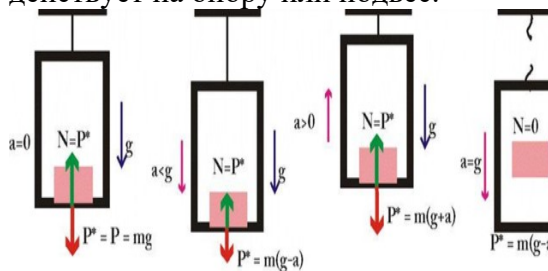
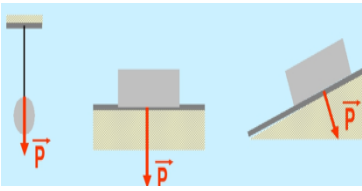
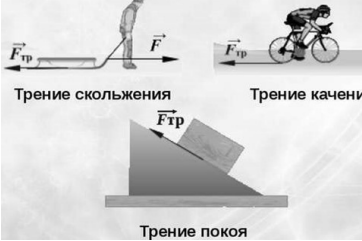
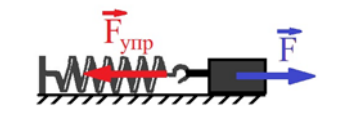
#### 1. Основные понятия и формулы

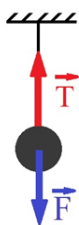
**Динамика** – это раздел механики, изучающий законы взаимодействия тел.

**Инерция** – явление сохранения скорости тела при отсутствии действия на него других тел.

**Масса** – это свойство тела, характеризующее его инертность.  $[m] = \text{кг}$

| Законы Ньютона и силы                                                                                                                                                                        | Формула                | Поясняющий рисунок                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>I закон:</b> существуют такие системы отсчета, относительно которых тела сохраняют свою скорость неизменной, если на них не действуют другие силы, или действие этих сил скомпенсировано. | $\sum_{i=1}^n F_i = 0$ |  |
| <b>II закон:</b> сила, действующая на тело, равна произведению массы тела на сообщаемое этой силой ускорение                                                                                 | $\vec{F} = m\vec{a}$   |  |
| <b>III закон:</b> тела действуют друг на друга с силами, равными по модулю и противоположными по направлению.                                                                                | $F_1 = -F_2$           |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Закон Всемирного тяготения:</b> все тела притягиваются друг к другу с силой прямо пропорциональной произведению масс этих тел и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними</p>                                                  | $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ <p><math>G = 6,68 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2</math> - гравитационная постоянная</p>                                                                                                                                                       |                                                   |
| <p><b>Сила тяжести</b> – это сила, с которой все тела притягиваются к Земле</p>                                                                                                                                                                    | $F_{\text{тяж}} = mg$ <p><math>g = 9,8 \text{ м/с}^2</math> – ускорение свободного падения на Земле</p>                                                                                                                                                                                            |                                                   |
| <p><b>Сила реакции опоры</b> — сила, действующая на тело со стороны опоры и направленная перпендикулярно к поверхности соприкосновения.</p>                                                                                                        | <p><math>N = mg</math><br/>(если тело покоится или движется на равномерно)</p>                                                                                                                                                                                                                     | <p><math>\vec{N}</math> - сила реакции опоры</p>  |
| <p><b>Вес тела</b> – сила, с которой тело действует на опору или подвес.</p>                                                                                    | <p><math>P = mg</math> (тело покоится или движется равномерно)<br/> <math>P = mg + ma</math> (тело с опорой или подвесом движется равноускоренно вверх)<br/> <math>P = mg - ma</math> (тело с опорой или подвесом движется равноускоренно вниз)<br/> <math>P = 0</math> (тело свободно падает)</p> |                                                 |
| <p><b>Сила трения</b> — это сила, возникающая при соприкосновении двух тел и препятствующая их относительному движению. Причиной возникновения трения является шероховатость трущихся поверхностей и взаимодействие молекул этих поверхностей.</p> | $F_{\text{тр}} = \mu mg = \mu N$ <p><math>\mu</math> – коэффициент трения</p>                                                                                                                                                                                                                      |                                                 |
| <p><b>Сила упругости</b> - это сила, возникающая в теле в результате его деформации и стремящаяся вернуть тело в исходное состояние</p>                                                                                                            | $F_{\text{упр}} = -k\Delta l$ <p><math>k</math> – жесткость пружины в Н/м<br/> <math>\Delta l</math> - удлинение пружины в м</p>                                                                                                                                                                   |  <p>Сила упругости</p>                          |

|                                                                           |                                                                |                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Сила натяжения</b> – это сила, действующая на тело со стороны подвеса. | $T=mg$ (если тело покоится или движется на подвесе равномерно) |  |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|

**Сила** – это количественная

мера взаимодействия тел. Сила является причиной изменения скорости тела. Сила является **векторной величиной**. Векторная сумма всех сил, действующих на тело, называется **равнодействующей силой**.  $[F]=H$

Сила в 1 Н сообщает телу массой 1 кг ускорение  $1 \text{ м/с}^2$

Для измерения сил используют пружины, называемые **динамометрами**.

### 3. Примеры решения задач для совместного выполнения

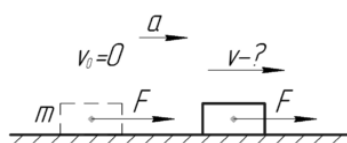
- 1) На тело массой 5 кг действовали горизонтальной силой 4 Н. Какую скорость приобретет тело за 10 с при отсутствии трения?

**Дано:**

$m=5 \text{ кг}$ ,  $F=4 \text{ Н}$ ,  $t=10 \text{ с}$ ,

**Найти**  $v$ ?

**Решение:**



Так как на тело не будет действовать сила трения, т.е. действует только одна сила  $F$ , то согласно второму закону Ньютона (23Н) ускорение тела можно найти из такого соотношения:

$$a=F/m \quad (1)$$

Так как тело в момент приложения силы покоилось, значит у него отсутствовала начальная скорость, поэтому скорость тела через время  $t$  можно найти по такой формуле:

$$v=at \quad (2)$$

Подставим формулу (1) в (2), тогда получим решение задачи в общем виде.

$$v=Fmt$$

Подставляем в эту формулу численные значения входящих в неё величин и считаем ответ.

$$v=4 \cdot 5 \cdot 10 = 20 \text{ м/с} = 72 \text{ км/ч}$$

**Ответ: 20 км/ч**

- 2) На каком расстоянии сила притяжения двух шариков массами по 1 г равна  $6,7 \cdot 10^{-17} \text{ Н}$ ?

**Дано:**

$m_1=m_2=1 \text{ г}$

$F=6,7 \cdot 10^{-17} \text{ Н}$

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

**СИ:**

$=0,001 \text{ кг}$

**Решение:**

По закону всемирного тяготения сила притяжения

$$\text{шаров } F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$$

**Найти:**

$$R^2 = \frac{G \cdot m_1^2}{F} \rightarrow R = \sqrt{\frac{G \cdot m_1^2}{F}}$$

**R-?**

$$R = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 0,001 \cdot 0,001}{6,7 \cdot 10^{-17}}} = 1 \text{ м}$$

**Ответ: R=1 м**

- 3) К нити подвешен груз массой 1 кг. Определить силу натяжения нити, если нить с грузом поднимать с ускорением  $5 \text{ м/с}^2$ .

**Дано:**

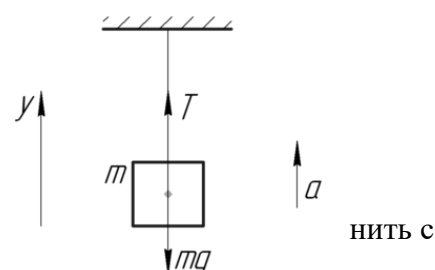
$m=1 \text{ кг}$ ,  $a=5 \text{ м/с}^2$ ,

**Найти:**  $T$ ?

На рисунке покажем силы, действующие на груз: это сила тяжести  $mg$ , сила натяжения нити  $T$ . Ускорение груза  $a$  направлено вверх. Такой опыт можно повторить, привязав грузом к штативу и двигая штатив вверх с ускорением.

Из второго закона Ньютона (23Н) в проекции на ось  $y$  следует, что:

$$T - mg = ma$$



$$T=m(a+g)$$

В итоге сила натяжения равна:

$$T=1 \cdot (5+10)=15 \text{ Н}$$

Видно, что сила натяжения в таком случае больше, чем если бы груз покоился, так как в состоянии покоя сила натяжения равна:

$$T=mg$$

$$T=1 \cdot 10=10 \text{ Н}$$

**Ответ:** 15 Н.

**4)** Человек массой 80 кг поднимается в лифте равнозамедленно, вертикально вверх, с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ . Определите силу давления человека на пол кабины лифта.

Дано:

$$m=80 \text{ кг}$$

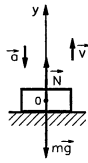
$$\alpha=2 \text{ м/с}^2$$

$$g=9,8 \text{ м/с}^2$$

Найти:

P -?

Решение:



Сила давления человека на пол кабины лифта равна весу человека.

На человека, находящегося в кабине лифта, действует сила тяжести  $mg$  и

сила реакции пола кабины  $-N$ .

Т.к. движение лифта равнозамедленное, то ускорение движения направлено вертикально вниз.

Запишем в векторном виде уравнение второго закона Ньютона:

$$\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

Выберим ось  $y$  в направлении движения лифта. Начало координат совместим с центром тяжести человека.

Запишем уравнение второго закона Ньютона в проекциях на ось  $y$ :

$$N - mg = -m\alpha \rightarrow N = mg - m\alpha = m(g - \alpha)$$

На основании третьего закона Ньютона вес человека по модулю силе реакции пола кабины:  $P = N$ .

$$\text{Тогда } P = m(g - \alpha) = 80(9,8 - 2) = 624 \text{ Н}$$

Ответ:  $P = 624 \text{ Н}$

**5)** Автомобиль массой 5 т трогается с места с ускорением  $0,6 \text{ м/с}^2$ . Найти силу тяги, если коэффициент сопротивления движению равен 0,04.

Дано:

$$m=5 \text{ т}$$

$$\vartheta_0=0$$

$$\alpha=0,6 \text{ м/с}^2$$

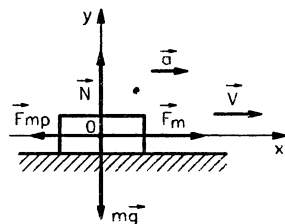
$$g=9,8 \text{ м/с}^2$$

$$\mu=0,04$$

СИ:

$$5000 \text{ кг}$$

Решение:



Найти:

$F_{\text{тяги}}$  -?

$$\text{По второму закону Ньютона: } \vec{N} + \vec{F}_T + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}$$

$$\text{Ох: } F_T - F_{\text{тр}} = m\alpha$$

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

$$F_T = F_{\text{тр}} + m\alpha$$

$$\text{По определению: } F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$$

$$\text{Тогда: } F_T = \mu mg + m\alpha = m(\mu g + \alpha)$$

$$F_T = 5000 (0,04 \cdot 9,8 + 0,6) \approx 5000 \text{ Н} = 5 \text{ кН}$$

Ответ:  $F_{\text{тяги}} = 5 \text{ кН}$



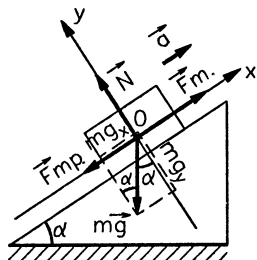
6) Автомобиль массой 1 т поднимается по шоссе с уклоном  $30^\circ$  под действием силы тяги 7 кН. Найти ускорение автомобиля, считая, что сила сопротивления не зависит от скорости движения. Коэффициент сопротивления равен 0,1. Ускорение свободного падения принять равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

Дано:  $m=1 \text{ т}$   
 $F_{\text{тяги}}=7 \text{ кН}$   
 $\alpha=30^\circ$   
 $\mu=0,1$   
 $g=10 \text{ м/с}^2$

СИ:

$1000 \text{ кг}$   
 $7000 \text{ Н}$

Решение:



Найти:

$\alpha$ ?

По второму закону Ньютона:  $\vec{N} + \vec{F}_t + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}$

Ox:  $-mg \sin \alpha + F_t - F_{\text{тр}} = ma$

Oy:  $N - mg \cos \alpha = 0 \rightarrow N = mg \cos \alpha$

По определению:  $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

Отсюда:  $-mg \sin \alpha + F_t - \mu mg \cos \alpha = ma$

$a = \frac{F_t - mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{m} \approx 1,13 \text{ м/с}^2$

Ответ:  $a \approx 1,13 \text{ м/с}^2$

Ответ: 770 Н

**Задача 1. (вар.1-5)** К крючку динамометра прикрепили полоску резины жесткостью  $k$ . При растяжении полоски на длину  $x$  показания динамометра составили  $F$ . Определите значение величины, обозначенной «?». Как изменятся показания динамометра, если деформация полоски резины увеличится в  $\alpha$  раз?

**(вар.6-10)** Когда резиновая шайба находится на горизонтальной поверхности льда, то сила тяжести, действующая на шайбу уравновешивается силой реакции  $N$  со стороны поверхности льда. Если, ударив по шайбе, заставить ее скользить по поверхности льда, то возникнет сила трения скольжения  $F_{\text{тр}}$ . Коэффициент трения скольжения между шайбой и поверхностью льда равен  $\mu$ . Определите значение величины, обозначенной «?». Во сколько раз изменится сила трения скольжения, если сверху на шайбу положить  $n$  таких же шайб?

| Вариант          | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | Вариант                    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10  |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------|------|------|------|------|-----|
| $k, \text{ Н/м}$ | ?   | 60  | 70  | ?   | 50  | $N, \text{ Н}$             | ?    | 1,5  | 1,6  | ?    | 1,6 |
| $x, \text{ мм}$  | 20  | ?   | 40  | 50  | ?   | $F_{\text{тр}}, \text{ Н}$ | 0,27 | ?    | 0,24 | 0,29 | ?   |
| $F, \text{ Н}$   | 1,5 | 2   | ?   | 3   | 1,5 | $\mu$                      | 0,15 | 0,18 | ?    | 0,18 | 0,2 |
| $\alpha$         | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,2 | $n$                        | 1    | 2    | 3    | 2    | 3   |

**Задача 2.** Два тела массами  $m_1$  и  $m_2$ , находящиеся на расстоянии  $r$  друг от друга, взаимодействуют с силой гравитационного притяжения  $F$ . Определите значение величины, обозначенной «?». Как изменится сила гравитационного взаимодействия, если расстояние между телами увеличить в  $\beta$  раз?

| Вариант                | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $m_1, 10^6 \text{ кг}$ | 2,5 | ?   | 3   | 4   | 1,5 | ?   | 2   | 2,5 | 3   | ?   |
| $m_2, 10^6 \text{ кг}$ | 2   | 2,5 | ?   | 3   | 4   | 1,5 | ?   | 2   | 2,5 | 3   |
| $r, \text{ м}$         | 100 | 150 | 200 | ?   | 150 | 200 | 250 | ?   | 200 | 250 |
| $F, \text{ мН}$        | ?   | 0,8 | 0,9 | 0,7 | ?   | 0,9 | 0,7 | 0,8 | ?   | 0,7 |
| $\beta$                | 3   | 2,5 | 2   | 1,5 | 3   | 2,5 | 2   | 1,5 | 3   | 2,5 |

**Задача 3.** Пассажирский лифт начинает движение из состояния покоя и двигаясь равноускоренно вверх (вниз), за время  $t$  проходит путь  $s$ . При таком движении лифта вес пассажира массой  $m$  равен  $P$ . Определите значение величины, обозначенной «?». Ускорение свободного падения примите равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

| Вариант               | 1  | 2 | 3   | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
|-----------------------|----|---|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| Направление ускорения | ↓  | ↑ | ↓   | ↑  | ↓  | ↑  | ↓  | ↑  | ↓  | ↑  |
| $t, \text{ с}$        | 8  | 5 | 6   | ?  | 6  | 8  | 5  | ?  | 5  | 6  |
| $s, \text{ м}$        | ?  | 9 | 6,5 | 20 | ?  | 16 | 10 | 18 | ?  | 6  |
| $m, \text{ кг}$       | 70 | ? | 60  | 80 | 60 | ?  | 70 | 60 | 80 | ?  |

|             |     |     |   |     |     |     |   |     |     |     |
|-------------|-----|-----|---|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|
| <b>P, Н</b> | 650 | 660 | ? | 810 | 560 | 770 | ? | 610 | 740 | 870 |
|-------------|-----|-----|---|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|

**Задача 4.** Тепловоз массой  $M$  тянет вагон массой  $m$  с ускорением  $a$ . Сила тяги тепловоза  $F_t$ , сила натяжения сцепки между тепловозом и вагоном  $F_n$ . Определите значения величин, обозначенных «?». Силой сопротивления можно пренебречь.

| Вариант                   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6    | 7   | 8   | 9   | 10   |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|
| <b>M, т</b>               | 150 | 180 | 160 | 180 | ?   | ?    | 160 | 180 | 150 | 160  |
| <b>m, т</b>               | 20  | 25  | 30  | ?   | 20  | ?    | 30  | 20  | 30  | ?    |
| <b>a, м/с<sup>2</sup></b> | 0,2 | ?   | ?   | 0,2 | 0,3 | 0,25 | 0,3 | ?   | ?   | 0,25 |
| <b>F<sub>t</sub>, кН</b>  | ?   | 41  | ?   | 40  | 60  | 50   | ?   | 44  | ?   | 50   |
| <b>F<sub>n</sub>, кН</b>  | ?   | ?   | 6   | ?   | ?   | 7,5  | ?   | ?   | 9   | ?    |

**Задача 5.** По гладкой наклонной плоскости длиной  $L$  и высотой  $h$  небольшой брусок соскальзывает с ускорением  $a$ . Определите значения величин, обозначенных «?». Ускорение свободного падения примите равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

| Вариант                   | 1  | 2   | 3  | 4   | 5 | 6  | 7  | 8 | 9   | 10  |
|---------------------------|----|-----|----|-----|---|----|----|---|-----|-----|
| <b>L, м</b>               | 2  | 1,5 | ?  | 1,5 | 1 | ?  | 1  | 2 | ?   | 1,8 |
| <b>h, см</b>              | 40 | ?   | 50 | 30  | ? | 40 | 20 | ? | 60  | 20  |
| <b>a, м/с<sup>2</sup></b> | ?  | 1,5 | 2  | ?   | 3 | 2  | ?  | 3 | 2,5 | ?   |

### Практическое занятие № 5.

#### Решение задач с профессиональной направленностью

**Тема:** Решение задач по теме «Газовые законы».

**Цель:** Научиться применять газовые законы при решении задач.

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

Вывести из основной формулы рабочую формулу.

#### Краткая теория

Состояние некоторой массы газообразного вещества характеризуют зависимыми друг от друга физические величины, называемые параметрами состояния. К ним относятся объём  $V$ , давление  $p$ , температура  $T$ .

Всякое изменение состояния тела (системы тел) называется термодинамическим процессом.

Для изучения и сравнения различных термодинамических процессов их изображают графически.

Изопроцессами называют термодинамические процессы, протекающие в системе с неизменной массой при постоянном значении одного из параметров состояния системы.

Процесс, протекающий в газе, при котором объём остаётся постоянным, называется изохорным.

Закон Шарля: давление газа данной массы при постоянном объёме возрастает линейно с увеличением температур

Процесс, протекающий в газе, при котором давление остаётся постоянным, называется изобарным.

Закон Гей-Люссака: объём газа данной массы при постоянном давлении возрастает линейно с увеличением температуры.

Процесс, протекающий в газе, при котором температура остаётся постоянным, называется изотермическим.

Закон Бойля-Мариотта: давление газа данной массы при постоянной температуре убывает с увеличением объёма.

Для произвольной массы  $m$  газа с молярной массой  $M$  справедливо уравнение Менделеева-Клапейрона:

$R=8,31$  — молярная (универсальная) газовая постоянная.

В другом виде уравнение состояния идеального газа можно записать в виде:

$$p=nkT,$$

где  $n$  — концентрация газа, то есть число частиц в единице объёма газа,

$N_A$  — постоянная Авогадро,

$k$  — постоянная Больцмана.

**Закон Бойля-Мариотта:**  $P_1V_1 = P_2V_2$

**Закон Гей-Люссака:**  $V_1/T_1 = V_2/T_2$

**Закон Шарля:**  $P_1/T_1 = P_2/T_2$

## Задания для практической работы

### Вариант 1.

1. Воздух под поршнем насоса имел давление  $10^5$  Па и объем  $200 \text{ см}^3$ . При каком давлении этот воздух займет объем  $130 \text{ см}^3$ , если его температура не изменится?
2. Газ занимает объем  $2 \text{ м}^3$  при температуре  $273^\circ\text{C}$ . Каков будет его объем при температуре  $546^\circ\text{C}$  и прежнем давлении?
3.  $10 \text{ г}$  кислорода находятся под давлением  $0.303 \text{ МПа}$  при температуре  $10^\circ\text{C}$ . После нагревания при постоянном давлении кислород занял объем  $10 \text{ л}$ . Найти начальный объем и конечную температуру газа.
4. Газ находится в баллоне при температуре  $288\text{К}$  и давлении  $1.8 \text{ МПа}$ . При какой температуре давление газа станет равным  $1.55 \text{ МПа}$ ? Объем баллона считать неизменным.
5. В одном сосуде вместимостью  $V_1 = 2 \text{ л}$  давление газа  $p_1 = 3.3 \cdot 10^5 \text{ Па}$ , а в другом вместимостью  $V_2 = 6 \text{ л}$  давление того же газа  $p_2 = 6.6 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Какое давление  $p$  установится в сосудах, если их соединить между собой? Процесс считать изотермическим.
6. Газ находится в баллоне при температуре  $250 \text{ К}$  и давлении  $8 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Определить давление газа в баллоне при температуре  $350 \text{ К}$ ?
7. Газ находится в цилиндре с подвижным поршнем и при температуре  $300 \text{ К}$  занимает объем  $250 \text{ см}^3$ . Какой объем (в  $\text{см}^3$ ) займет газ, если температура понизится до  $270 \text{ К}$ ? Давление постоянно.
8. В сосуде объемом  $1,2 \text{ м}^3$  находится газ под давлением  $4 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Какой объем будет занимать этот газ при давлении  $2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ? Температура газа постоянна.
9. Газ, занимающий объем  $2,0 \text{ л}$ , изобарно расширяется до  $3,0 \text{ л}$ , и температура газа становится равной  $147^\circ\text{C}$ . Какой была начальная температура газа?
10. Известно первоначальное состояние газа  $T_1=300\text{К}$   $P_1=10^5\text{Па}$   $V_1=4,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$   
Затем газ нагрели до температуры  $330\text{К}$ , давление при этом стало  $2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Найти объём во втором состоянии.
11. Каково будет давление ( $P_2$ ) газа после сжатия в двигателе внутреннего сгорания, если вначале его параметры составляли  $T_1=47^\circ\text{C}$   $P_1=10^5\text{Па}$   $V_1=1.8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ , а после  $T_2=367^\circ\text{C}$   $V_2=0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ?
12. Почему трудно отвинтить гайку, бывшую долгое время туго затянутой, хотя она выполнена из нержавеющей стали?
13. Почему при длительной работы железнодорожного средства передвижения приходится доливать охлаждающую жидкость в охлаждающую систему двигателя (радиатор)?

### Вариант 2.

1. Газ, имеющий объем  $0,001 \text{ м}^3$ , изотермически расширился до объема  $1.9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ . Под каким давлением находился газ, если после расширения оно стало  $5,3 \cdot 10^4 \text{ Па}$ ?
2. Во сколько раз увеличится давление газа в колбе электрической лампочки, если после ее включения температура газа повысилась от  $15^\circ\text{C}$  до  $300^\circ\text{C}$ ?
3. Газ занимал объем  $12.32 \text{ л}$ . Его охладил при постоянном давлении на  $45\text{К}$ , и его объем стал равен  $10,52 \text{ л}$ . Какова была первоначальная температура газа?
4. В сосуде вместимостью  $4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  находится газ массой  $12 \text{ г}$ , температура которого  $177^\circ\text{C}$ . При какой температуре плотность этого газа будет равна  $6 \cdot 10^{-6} \text{ кг/см}^3$ , если давление останется неизменным?
5. При температуре  $-13^\circ\text{C}$  давление газа в закрытом сосуде было  $260 \text{ кПа}$ . Каким будет давление при температуре  $37^\circ\text{C}$ ?
6. В сосуде объемом  $0,5 \text{ м}^3$  находится газ под давлением  $400 \text{ кПа}$ . Какой объем будет занимать этот газ при давлении  $250 \text{ кПа}$ ? Температура газа постоянна.
7. Газ нагрет от  $27^\circ\text{C}$  до  $477^\circ\text{C}$  при постоянном давлении. В результате его объем увеличился на  $5 \text{ л}$ . Определить первоначальный объем газа.
8. Газ нагрет от  $27^\circ\text{C}$  до  $277^\circ\text{C}$  при постоянном давлении. В результате его объем увеличился на  $3 \text{ л}$ . Определить первоначальный объем газа.
9. Газ, занимающий объем  $1,0 \text{ л}$ , изобарно расширяется до  $3,0 \text{ л}$ , и температура газа становится равной  $157^\circ\text{C}$ . Какой была начальная температура газа?
10. Определите давление газа, занимавшего объем  $0,25 \text{ л}$ , если при давлении газа  $0,95 \cdot 10^5 \text{ Па}$  его объем был равен  $0,23 \text{ л}$ . Процесс считайте изотермическим.
11. Газ объёмом  $9,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  при температуре  $273\text{К}$  и давлении  $10^5\text{Па}$  изменяет температуру до  $288\text{К}$  и объём его становится  $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ . Найти каким станет давление
12. Почему, плотность газа зимой и летом разные?

13. Известно, что скорость движения молекул составляет несколько сот м/с. Почему же утечка дизеля по запаху обнаруживается не сразу?

### Практическое занятие № 6

#### Решение задач с профессиональной направленностью

#### Тема «Решение задач по теме «Применение первого и второго закона термодинамики»

**Цель:** научиться применять первый закон термодинамики и формулу КПД теплового двигателя при решении задач.

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания..

#### Ход выполнения:

Вывести из основной формулы рабочую формулу и ответить на вопросы.

#### Краткая теория

Если рассматривать все тела, участвующие в процессе, и учитывать изменение и механической и внутренней энергии всех тел, то в итоге получим, что полная энергия - величина постоянная. Это закон сохранения полной энергии. В термодинамике он носит название *первого начала* и формулируется следующим образом: теплота, сообщенная газу, идет на изменение его внутренней энергии и на работу, совершаемую газом против внешних сил:

$$Q = \Delta U + A$$

Машины, производящие механическую работу в результате обмена теплотой с окружающими телами, называются тепловыми двигателями. Во всех типах таких двигателей непрерывное или периодически повторяющееся получение работы возможно только в том случае, когда совершающая работу машина не только получает тепло от какого-то тела (нагревателя), но и отдает часть тепла другому телу (охладителю).

Отношение механической работы, совершаемой двигателем, к израсходованной энергии называется коэффициентом полезного действия КПД. Поскольку в тепловом двигателе совершенная работа есть разница между теплотой, полученной от нагревателя и теплотой, отданной охладителю, то:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

где  $Q_1$  - теплота, полученная рабочим веществом от нагревателя,  $Q_2$  - теплота, отданная рабочим веществом охладителю.

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

где  $T_1$  - температура нагревателя,  $T_2$  - температура холодильника.

#### Задания для аудиторной работы

1. Для изобарного нагревания газа, количество вещества которого 800 моль, на 500 К ему сообщили количество теплоты 9,4 МДж. Определить работу газа и изменение его внутренней энергии.

2. Какое количество тепла получил газ, если при этом он совершил работу  $A = 2,103$  Дж, а его внутренняя энергия увеличилась на 600 Дж.

#### Самостоятельная работа Вариант 1

##### Часть А

В баллоне находится гелий массой 2 кг при температуре 300 К. Чему равна его внутренняя энергия?

##### Часть В

КПД идеального теплового двигателя 45%. Какова температура нагревателя, если температура холодильника 2°C?

##### Часть С

Газ, находящийся под давлением  $10^5$  Па, изобарно расширился, совершив работу 25 Дж. Насколько увеличился объем газа?

#### Вариант 2 Часть А

При температуре 127°C находится гелий, количество вещества которого 1 моль. Какова его внутренняя энергия?

### Часть В

Температура нагревателя идеальной тепловой машины  $150^{\circ}\text{C}$ , а холодильника  $54^{\circ}\text{C}$ . Количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя за 1 с, равно 90 кДж. Вычислить КПД машины, количество теплоты, отдаваемое холодильнику в 1 с, и мощность машины.

### Часть С

Газ, находящийся под давлением  $2 \cdot 10^4$  Па, изобарно расширился, совершив работу 100 Дж. Насколько увеличился объём газа?

### Контрольные вопросы

1. Сформулируйте первый и второй законы термодинамики.
2. Приведите примеры тепловых двигателей.

### Практическое занятие №7

#### Решение задач с профессиональной направленностью

**Тема:** Решение задач по теме «Испарение и конденсация»

**Цель:** закрепить умение применять формулы количества теплоты

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

Вывести из основной формулы рабочую формулу.

Для решения задач вспомним уравнения, которые будем использовать:

$$Q = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1)$$

$$Q = L \cdot m$$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

В этих уравнениях используются две постоянные величины, которые определяются по таблице (табл. 1):

$c$  – удельная теплоемкость вещества, измеряется  $[\text{Дж}/\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}]$   $L$  – удельная теплота парообразования,  $[\text{Дж}/\text{кг}]$ .

| Вещество | Удельная теплоемкость вещества, $c$                       | Удельная теплота парообразования, $L$        | Температура кипения, $t^{\circ}$ |
|----------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------|
| вода     | $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}$ | $2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ | $100^{\circ}\text{C}$            |

Таблица 1. Табличные данные для решения задач ([Источник](#))

**Первая задача**

Какое количество теплоты необходимо сообщить двум килограммам воды, взятым при температуре  $50^{\circ}\text{C}$ , чтобы полностью эту воду превратить в пар?

Запишем краткое содержание задачи и для простоты решения нарисует график, на котором покажем все процессы, происходящие с водой, – нагревание и парообразование (рис. 2).

### Задача 1

Дано:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$t_n = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q = ?$$

Решение:

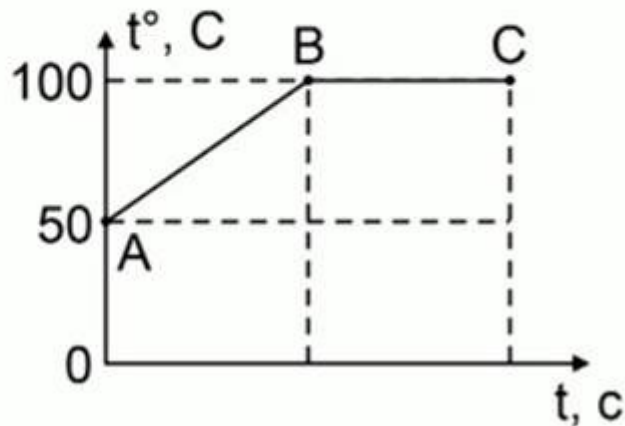


Рис. 2. График процессов, происходящих с водой при нагревании и кипении

На графике Рис. 2 две оси: вертикальная ось температуры и горизонтальная времени.

Точка А — это начальная точка воды при  $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , линия АВ — это процесс нагревания воды до кипения в точке В, которая показывает, что два килограмма воды начинают кипеть, то есть вода приступила к парообразованию. ВС — это процесс когда вода превращается в пар.

Из таблицы Рис. 1 выберем удельную теплоемкость воды и удельную теплоту парообразования воды.

### Задача 1

Дано:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$t_n = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q = ?$$

Решение:

$$c_v = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} \quad L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

В этих двух величинах есть особенность: вторая величина выражена  $10^6$ , поэтому при решении необходимо учитывать все нули, которые спрятаны в шестой степени.

Начнем вычислять количество теплоты, необходимое для нагревания воды от  $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$  до температуры кипения:

### Задача 1

Дано:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$t_n = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q = ?$$

Решение:

$$c_v = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} \quad L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$Q_1 = c_v \cdot m \cdot (t_k - t_n) = 4200 \cdot 2 \cdot 50 = 0,42 \cdot 10^6 [\text{Дж}]$$

Второе количество теплоты мы определим как произведение удельной теплоты парообразования, умноженное на массу воды.

### Задача 1

Дано:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$t_n = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q = ?$$

Решение:

$$c_v = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} \quad L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$Q_1 = c_v \cdot m \cdot (t_k - t_n) = 4200 \cdot 2 \cdot 50 = \\ = 0,42 \cdot 10^6 \text{ [Дж]}$$

$$Q_2 = L \cdot m = 2,3 \cdot 10^6 \cdot 2 = 4,6 \cdot 10^6 \text{ [Дж]}$$

Завершающий этап – это сложение первого и второго количества теплоты для получения полного количества

### Задача 1

Дано:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$t_n = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q = ?$$

Решение:

$$c_v = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} \quad L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$Q_1 = c_v \cdot m \cdot (t_k - t_n) = 4200 \cdot 2 \cdot 50 = \\ = 0,42 \cdot 10^6 \text{ [Дж]}$$

$$Q_2 = L \cdot m = 2,3 \cdot 10^6 \cdot 2 = 4,6 \cdot 10^6 \text{ [Дж]}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 5,02 \cdot 10^6 \text{ [Дж]}$$

$$\text{Ответ: } Q = 5,02 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

теплоты:

Ответ – это результат, который нам необходимо было получить, и записывается он обязательно после решения задачи. Таким образом, мы выяснили, что для нагрева и парообразования воды нам необходимо количество теплоты, равное  $5,02 \cdot 10^6$  Дж.

Вторая задача

Вторая задача будет обратной предыдущей.

200 грамм водяного пара, взятого при температуре  $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , перевели в воду, взятую при температуре  $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какое количество теплоты при этих процессах вода и пар передали окружающей среде?

Запишем краткое условие задачи и рассмотрим график процессов (рис. 3):

## Задача 2

|                                    |                  |
|------------------------------------|------------------|
| Дано:                              | СИ               |
| $m = 200 \text{ г}$                | $0,2 \text{ кг}$ |
| $t_n = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ |                  |
| $t_k = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  |                  |
| $Q = ?$                            |                  |

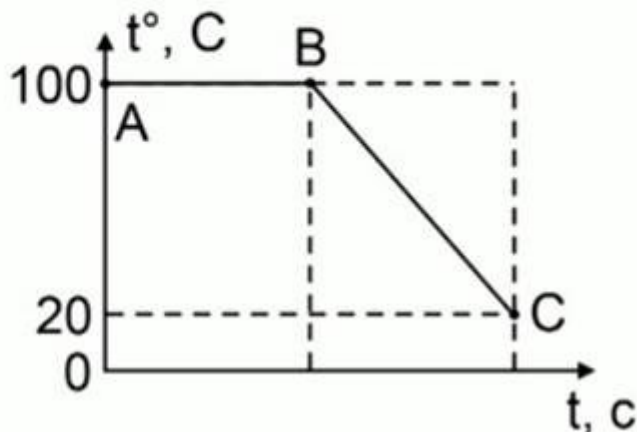


Рис. 3. График перехода пара в воду

График у нас состоит из двух частей, сначала будет происходить обратный процесс парообразования, то есть конденсация, когда пар превращается в воду – АВ, и остывание воды, которая получилась в результате конденсации – ВС.

Точка А соответствует температуре  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , это начало конденсации пара, прямая АВ – процесс, когда пар переходит из газообразного состояния в жидкость, в точке В – это уже вода при температуре  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , и ВС – это линия, которая характеризует остывание воды. Точка С – конечная температура, которая соответствует  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Решение задачи будет связано с теми же постоянными величинами, которые мы использовали в решении предыдущей задачи: удельной теплоемкостью воды и удельной теплотой парообразования.

Сначала мы определим количество теплоты, которое окружающая среда получит в момент конденсации пара, и количество теплоты, которое окружающая среда получит в результате остывания воды.

## Задача 2

|                                    |                  |                                                             |
|------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------|
| Дано:                              | СИ               | Решение:                                                    |
| $m = 200 \text{ г}$                | $0,2 \text{ кг}$ | $Q_1 = -L \cdot m = -2,3 \cdot 10^6 \cdot 0,2 =$            |
| $t_n = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ |                  | $= -0,46 \cdot 10^6 \text{ [Дж]}$                           |
| $t_k = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  |                  | $Q_2 = c_v \cdot m \cdot (t_k - t_n) = -67200 \text{ [Дж]}$ |
| $Q = ?$                            |                  | $Q = Q_1 + Q_2 = -4,6 \cdot 10^5 +$                         |
|                                    |                  | $+ (-0,672 \cdot 10^5) = -5,272 \cdot 10^5 \text{ [Дж]}$    |
|                                    |                  | Ответ: $Q = -5,272 \cdot 10^5 \text{ Дж}$                   |

В этом случае удельная теплота парообразования берется со знаком «-», это означает, что вещество не получает тепло, а, наоборот, отдает.

Знак «-» в ответе говорит о том, что количество теплоты, которое выделилось при остывании и конденсации жидкости и пара, соответственно, будет передано окружающей среде.



### Решение задач с профессиональной направленностью

**Тема:** Решение задач по теме «Абсолютная и относительная влажность воздуха»

**Цель:** закрепить умение применять формулы абсолютной и относительной влажности воздуха

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

Вывести из основной формулы рабочую формулу.

#### 1 вариант

**1. Решить задачу:** Определить абсолютную влажность воздуха, если относительная влажность при температуре  $+20^{\circ}\text{C}$  25%.

**2. Решить задачу:**  $1\text{ м}^3$  воздуха при температуре  $+10^{\circ}\text{C}$  в воздухе содержится 6 гр. воды. Такой воздух насыщен или нет?

**3. Решить задачу:** Определить относительную влажность воздуха, если при температуре  $+10^{\circ}\text{C}$  в воздухе содержится 1 гр. воды.

#### Влажность воздуха.

#### 2 вариант

**1. Решить задачу:** Определить абсолютную влажность воздуха, если относительная влажность при температуре  $+30^{\circ}\text{C}$  40%.

**2. Решить задачу:**  $1\text{ м}^3$  воздуха при температуре  $+10^{\circ}\text{C}$  в воздухе содержится 9 гр. воды. Такой воздух насыщен или нет?

**3. Решить задачу:** Определить относительную влажность воздуха, если при температуре  $0^{\circ}\text{C}$  в воздухе содержится 1 гр. воды.

#### Влажность воздуха.

#### 3 вариант

**1. Решить задачу:** Определить абсолютную влажность воздуха, если относительная влажность при температуре  $+60^{\circ}\text{C}$  %.

**2. Решить задачу:**  $1\text{ м}^3$  воздуха при температуре  $0^{\circ}\text{C}$  в воздухе содержится 4 гр. воды. Такой воздух насыщен или нет?

**3. Решить задачу:** Определить относительную влажность воздуха, если при температуре  $-10^{\circ}\text{C}$  в воздухе содержится 1,5 гр. воды.

#### Влажность воздуха.

#### 4 вариант

**1. Решить задачу:** Определить абсолютную влажность воздуха, если относительная влажность при температуре  $0^{\circ}\text{C}$  80%.

**2. Решить задачу:**  $1\text{ м}^3$  воздуха при температуре  $-10^{\circ}\text{C}$  в воздухе содержится 2 гр. воды. Такой воздух насыщен или нет?

**3. Решить задачу:** Определить относительную влажность воздуха, если при температуре  $+20^{\circ}\text{C}$  в воздухе содержится 15 гр. воды.

### Практическое занятие № 9

#### Решение задач с профессиональной направленностью

**Тема:** Решение задач по теме «КПД тепловой машины»

**Цель:** закрепить умение применять формулы КПД

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

Вывести из основной формулы рабочую формулу и ответить на вопросы.

**Задача 1.** В котле паровой машины температура  $160^{\circ}\text{C}$ , а температура холодильника  $10^{\circ}\text{C}$ . Какую максимальную работу может теоретически совершить машина, если в топке, коэффициент полезного действия которой 60 %, сожжён уголь массой 200 кг с удельной теплотой сгорания  $2,9 \cdot 10^7\text{ Дж/кг}$ ?

**Задача 2.** Паровая машина мощностью  $N = 14,7\text{ кВт}$  потребляет за 1 ч работы топливо массой  $m = 8,1\text{ кг}$ , с удельной теплотой сгорания  $q = 3,3 \cdot 10^7\text{ Дж/кг}$ . Температура котла  $200^{\circ}\text{C}$ , холодильника  $58^{\circ}\text{C}$ . Определите КПД этой машины и сравните его с КПД идеальной тепловой машины.

**Задача 3.** В двигателе Внутреннего сгорания было израсходовано 0,5 кг горючего, теплота сгорания которого  $46 \cdot 10^6\text{ Дж/кг}$  при этом двигатель совершил  $7 \cdot 10^6\text{ Дж/кг}$  полезной работы. Каков его КПД?

**Задача 4.** В процессе работы тепловой машины за некоторое время рабочим телом было получено от нагревателя количество теплоты  $Q_1 = 1,5 \cdot 10^6$  Дж, передано холодильнику количество теплоты  $Q_2 = -1,2 \cdot 10^6$  Дж. Вычислите КПД машины и сравните его с максимально возможным КПД, если температуры нагревателя и холодильника соответственно равны  $250^\circ\text{C}$  и  $30^\circ\text{C}$ .

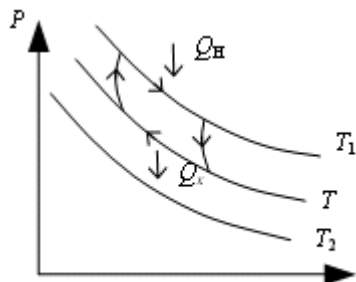


Рис.2

3

**Задача 5.** Рабочее вещество тепловой машины совершает цикл Карно между изотермами  $T$  и  $T_1$  ( $T_1 > T$ ) (рис. 2). Холодильником является резервуар, температура которого постоянна и равна  $T_2 = 200$  К ( $T_2 < T$ ), где  $\alpha = 1 \text{ кВт/К}$ . Теплообмен рабочего вещества с нагревателем происходит непосредственно при  $T_1 = 800$  К. Полагая, что продолжительность изотермических процессов одинакова, а адиабатических - весьма мала, найдите температуру "холодной" изотермы  $T$ , при которой мощность тепловой машины наибольшая. Определите наибольшую мощность тепловой машины.

**Задача 6.** Идеальная холодильная машина имеет в качестве холодильника резервуар с водой при  $0^\circ\text{C}$ , а в качестве нагревателя - резервуар с кипящей водой. Какую работу надо совершить, чтобы превратить в лед 1 кг воды? Какое количество воды в нагревателе превратится при этом в пар? Удельная теплота плавления льда  $\lambda = 340$  кДж/кг, удельная теплота парообразования воды  $r = 2260$  кДж/кг.

**Задача 7.** Тепловая машина имеет коэффициент полезного действия (к.п.д.)  $\eta = 20\%$ . Каким станет ее к.п.д., если количество теплоты, потребляемое за цикл, увеличится на  $40\%$ , а количество теплоты, отдаваемое холодильнику, уменьшится на  $20\%$ ?

**Задача 8.** В тепловом двигателе температура холодильника составляет  $0^\circ\text{C}$ , а температура нагревателя равна  $3073$  К. Определите максимальный возможный КПД такого двигателя (в %).

**Задача 9.** Двигатель внутреннего сгорания совершил работу, равную  $55$  МДж. При этом было затрачено  $4,2$  л бензина. Определите плотность бензина (в кг/м<sup>3</sup>), если КПД двигателя равен  $40\%$ .

**Задача 10.** Двигатель автомобиля развивает мощность  $25$  кВт. Определите КПД двигателя, если при скорости  $60$  км/ч он потребляет  $12$  л бензина на  $100$  км пути. Плотность бензина  $700$  кг/м<sup>3</sup>. При сгорании  $1$  кг бензина выделяется количество теплоты, равное  $4,5 \cdot 10^7$  Дж.

**Задача 11.** В цилиндре находится газ, для нагревания которого сжигают нефть массой  $2$  кг с удельной теплотой сгорания  $4,3 \cdot 10^7$  Дж/кг. Расширяясь, газ совершает работу  $10$  кВт  $\cdot$  ч. На сколько изменилась внутренняя энергия газа? Чему равен КПД установки?

**Задача 12.** В паровой турбине для получения пара с температурой  $250^\circ\text{C}$  сжигают дизельное топливо массой  $0,35$  кг. При этом пар совершает работу  $1$  кВт  $\cdot$  ч. Температура холодильника  $30^\circ\text{C}$ . Вычислите КПД турбины. Удельная теплота сгорания дизельного топлива  $42$  МДж/кг.

**Задача 13.** Какой должна быть температура нагревателя, для того чтобы стало возможным достижение значения КПД тепловой машины  $80\%$ , если температура холодильника  $27^\circ\text{C}$ ?

### Практическое занятие № 10

#### Решение задач с профессиональной направленностью

**Тема: Решение задач по теме: «Электродинамика»**

**Цель:** обобщить знания по теме «Электродинамика», закрепить умения и навыки нахождения физической величины, её выражение из формулы при решении экспериментальных и расчетных задач, выяснить условия возникновения индукционного тока, изучить его направление и величину.

**Оборудование:** миллиамперметр, катушка-моток, магнит дугообразный, магнит полосовой, тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

### Ход выполнения:

Вывести из основной формулы рабочую формулу и ответить на вопросы.

**Задание 1.** Выполните эксперимент «Изучение явления электромагнитной индукции».

#### Ход работы:

1. Подключите катушку-моток к зажимам миллиамперметра.
2. Наблюдая за показаниями миллиамперметра, отметьте, возникал ли индукционный ток, если:
  - в неподвижную катушку вводить магнит,
  - из неподвижной катушки выводить магнит,
  - магнит разместить внутри катушки, оставляя неподвижным.
3. Выясните, как изменялся магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий катушку в каждом случае. Сделайте вывод о том, при каком условии в катушке возникал индукционный ток. О направлении тока в катушке можно судить по тому, в какую сторону от нулевого деления отклоняется стрелка миллиамперметра.
4. Проверьте, одинаковым ли будет направление индукционного тока, если:
  - вводить в катушку и удалять магнит северным полюсом;
  - вводить магнит в катушку магнит северным полюсом и южным полюсом.
5. Выясните, что изменялось в каждом случае. Сделайте вывод о том, от чего зависит направление индукционного тока.
6. Приближайте магнит к неподвижной катушке медленно и с большей скоростью, отмечая, на сколько делений ( $N_1$ ,  $N_2$ ) отклоняется стрелка миллиамперметра.
7. Приближайте магнит к катушке северным полюсом. Отметьте, на сколько делений  $N_1$  отклоняется стрелка миллиамперметра.
8. К северному полюсу дугообразного магнита приставьте северный полюс полосового магнита. Выясните, на сколько делений  $N_2$  отклоняется стрелка миллиамперметра при приближении одновременно двух магнитов.
9. Выясните, как изменялся магнитный поток в каждом случае. Сделайте вывод, от чего зависит величина индукционного тока.

Ответьте на вопросы:

1. В катушку из медного провода сначала быстро, затем медленно вдвигают магнит. Одинаковый ли электрический заряд при этом переносится через сечение провода катушки?
2. Возникнет ли индукционный ток в резиновом кольце при введении в него магнита?

**Задание 2.** Решите задачи.

1. За 5 мс магнитный поток, пронизывающий контур, убывает с 9 до 4 мВб. Найти ЭДС индукции контура.
2. Найти скорость изменения магнитного потока в соленоиде из 2000 витков при возбуждении в нём ЭДС индукции 120 В.
3. Сколько витков должна содержать катушка с площадью поперечного сечения  $50 \text{ см}^2$ , чтобы при изменении магнитной индукции от 0,2 до 0,3 Тл в течение 4 мс в ней возбуждалась ЭДС 10 В?
4. Найти ЭДС индукции в проводнике с длиной активной части 0,25 м, перемещающемся в однородном магнитном поле индукцией 8 мТл со скоростью 5 м/с под углом  $30^\circ$  к вектору магнитной индукции.
5. Каково сопротивление конденсатора ёмкостью 4 мкФ в цепях с частотой переменного тока 50 Гц и 400 Гц?
6. Каково индуктивное сопротивление катушки с индуктивностью 0,2 Гн при частоте 50 Гц и 400 Гц?
7. Конденсатор включён в цепь переменного тока стандартной частоты. Напряжение в сети 220 В. Сила тока в цепи этого конденсатора 2,5 А. Какова ёмкость конденсатора?
8. На какое напряжение надо рассчитывать изоляторы линии электропередачи, если действующее напряжение 430 кВ?
9. В цепь переменного тока частотой 400 Гц включена катушка индуктивностью 0,1 Гн. Конденсатор какой ёмкости надо включить в эту цепь, чтобы осуществился резонанс?

10. Какую ёмкость должен иметь конденсатор для того, чтобы состоящий из этого конденсатора и катушки индуктивностью 10 мГн колебательный контур радиоприёмника был настроен на волну 1000 м?

### Практическое занятие № 11

#### Решение задач с профессиональной направленностью

**Тема:** Решение задач по теме: «Закон Ома для участка цепи»

**Цель:**

1. Повторить основные термины и формулы раздела «Закон Ома для участка цепи».
2. Сформировать умение применять формулы при решении задач.
3. Развивать логическое мышление, память, внимание; умение рассуждать и выделять главное.
4. Развивать навыки самоконтроля и взаимоконтроля.

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

Вывести из основной формулы рабочую формулу.

**Теоретические сведения.**

**Сила тока:**

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

**Закон Ома для участка цепи:**

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

#### Практическая часть.

##### Пример 1.

Сила тока в цепи 6 А, определить сопротивление проводника, если напряжение на концах проводника 12 В.

Дано:

$$I = 6 \text{ А}$$

$$U = 12 \text{ В}$$

$$R = ?$$

Решение:

$$I = \frac{U}{R} ; R = \frac{U}{I} ; R = \frac{12 \text{ В}}{6 \text{ А}} = 2 \text{ Ом}$$

$$\text{Ответ: } R = 2 \text{ Ом}$$

##### Пример 2.

Сопротивление проводника 4 Ом. Определите напряжение на данном участке цепи, если за 10 минут по этому участку был перенесен заряд 1200 Кл.

Дано:

$$R = 4 \text{ Ом}$$

$$t = 10 \text{ мин}$$

$$q = 1200 \text{ Кл}$$

$$U = ?$$

СИ

$$600 \text{ с}$$

Решение

$$I = \frac{U}{R} \quad U = I \cdot R ; I = \frac{q}{t} ; I = \frac{1200 \text{ Кл}}{600 \text{ с}} = 2 \text{ А} ;$$

$$U = 2 \text{ А} \cdot 4 \text{ Ом} = 8 \text{ В}$$

$$\text{Ответ: } U = 8 \text{ В}$$

#### Индивидуальное задание:

Решите предложенные ниже 4 задачи.

##### Задача №1.

Сила тока в цепи 6 А, определить напряжение на концах проводника, если сопротивление проводника 4 Ом.

##### Задача №2.

Напряжение на концах проводника 8 В, Определить сопротивление проводника, если сила тока на данном участке цепи 4 А.

##### Задача №3.

Сопротивление проводника 2 Ом. Определите напряжение на данном участке цепи, если за 4 минуты по этому участку был перенесен заряд 1200 Кл.

##### Задача №4.

Напряжение на данном участке цепи 24 В, сопротивление 6 Ом. За какое время будет перенесен заряд 2400 Кл?

### **Практическое занятие № 12**

#### **Решение задач с профессиональной направленностью**

**Тема: Решение задач по теме «Закон Ома для полной цепи»**

**Цель:** закрепить умение применять формулы закона Ома для полной цепи

**Оборудование:** тетрадь, ручка.

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

Вывести из основной формулы рабочую формулу.

Чему равна ЭДС источника, если сторонние силы совершают работу 10 Дж при перемещении заряда 5 Кл?

1. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока с ЭДС, равной 15 В, если при подключении к нему резистора сопротивлением 4 Ом по электрической цепи протекает электрический ток силой 3 А?
2. Если источник, ЭДС которого 6 В и внутреннее сопротивление 2 Ом, подключить к внешнему сопротивлению, то в цепи возникает сила тока 1 А. Какой силы ток пройдет в цепи, если внешнее сопротивление увеличить в 2 раза?
3. К батарее с ЭДС 3 В подключили резистор сопротивлением 20 Ом. Напряжение на резисторе 2 В. Определите силу тока короткого замыкания.
4. Сила короткого замыкания элемента 1 А. Сила тока этого элемента, замкнутого на резистор сопротивлением R, равна 0,1 А. ЭДС источника 4,4 В. Определите сопротивление резистора.
5. При замыкании элемента на резистор сопротивлением 1,8 Ом в цепи возникает сила тока 0,7 А, а при замыкании на резистор сопротивлением 2,3 Ом - сила тока 0,56 А. Определите внутреннее сопротивление и ЭДС источника.
6. При внешнем сопротивлении 20 Ом разность потенциалов на зажимах источника равна 30 В, при сопротивлении 40 Ом сила тока равна 1 А. Определите внутреннее сопротивление источника.

### **Практическое занятие № 13**

#### **Решение задач с профессиональной направленностью**

**Тема: Решение задач по теме «Закон Джоуля-Ленца»**

**Цель:** закрепить умение применять формулы на закон Джоуля-Ленца

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

Вывести из основной формулы рабочую формулу и ответить на вопросы.

**Задача на закон Джоуля-Ленца №1**

**Условие**

Какое количество теплоты выделяет за 5 минут нагреватель электрочайника, если его сопротивление равно 30 Ом, а сила тока в цепи 1,5 А?

**Решение**

Это простейшая задача на закон Джоуля-Ленца для участка цепи. Запишем сам закон:

$$Q = I^2 R t$$

Подставив значения из условия в формулу, найдем:

$$Q = 1,5^2 \cdot 30 \cdot 300 = 20250 \text{ Дж}$$

**Ответ:** 20,25 кДж.

**Задача на закон Джоуля-Ленца №2**

**Условие**

Какое количество теплоты выделит за 40 минут спираль электроплитки, если сила тока в цепи 3 А, а напряжение 220 В?

**Решение**

Эта также простейшая задача на закон Джоуля-Ленца, но, в отличие от первой задачи, при ее решении используется другая формулировка закона. Сначала запишем закон Джоуля-Ленца:

$$Q = I^2 R t$$

Теперь перепишем его с учетом закона Ома:

$$I=U/R=UIQ=I^2Ut=IU t$$

Осталось подставить значения и вычислить:

$$Q=3 \cdot 220 \cdot 2400=1,584 \text{ МДж}$$

**Ответ:** 1,584 МДж.

### **Задача на закон Джоуля-Ленца №3**

#### **Условие**

Сколько минут ток шел по проводнику сопротивлением 25 Ом, если при силе тока 1 А проводник выделит 6 кДж теплоты.

#### **Решение**

Запишем закон Джоуля-Ленца и выразим время:

$$Q=I^2 R t t=Q/I^2 R$$

Найдем:

$$t=6000/1^2 \cdot 25=240 \text{ с}=4 \text{ мин}$$

**Ответ:** 4 минуты.

При расчетах не забывайте переводить все величины из условия в систему СИ.

### **Задача на закон Джоуля-Ленца №4**

#### **Условие**

Электрическая плитка при силе тока 4 А за 20 минут потребляет 1000 кДж энергии. Рассчитайте сопротивление плитки.

#### **Решение**

Выразим сопротивление из закона Джоуля-Ленца:

$$Q=I^2 R t R=Q/I^2 t$$

Подставим значения и вычислим:

$$R=1000 \cdot 10^3 / 4^2 \cdot 1200=52 \text{ Ом}$$

**Ответ:** 52 Ом.

### **Задача на закон Джоуля-Ленца №5**

#### **Условие**

По проводнику с сопротивлением 6 Ом пропускali постоянный ток в течение 9 с. Какое количество теплоты выделилось в проводнике за это время, если через его сечение прошел заряд 3 Кл?

#### **Решение**

Заряд можно определить, зная время и силу тока. А зная заряд и время, за которое он прошел по проводнику, найдем силу тока:

$$I=q/t$$

Запишем закон Джоуля-Ленца для количества теплоты:

$$Q=I^2 R t Q=q^2 t / R R=Q/q^2 t$$

Подставим значения и вычислим:

$$Q=3^2 \cdot 6 / 9=6 \text{ Дж}$$

**Ответ:** 6 Дж.

### **Вопросы на закон Джоуля-Ленца**

**Вопрос 1.** Как звучит закон Джоуля-Ленца?

**Ответ.** Закон Джоуля-Ленца гласит:

Количество теплоты, выделившейся в проводнике при прохождении по нему электрического тока, прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени прохождения тока.

$$Q=I^2 R t$$

**Вопрос 2.** Почему проводник с током нагревается?

**Ответ.** При прохождении тока по проводнику положительные ионы в узлах кристаллических решеток проводника за счет энергии тока начинают сильнее колебаться. Это сопровождается увеличением внутренней энергии проводника, т.е. его нагреванием. При этом энергия тока выделяется в виде теплоты, которую называют джоулевым теплом.

**Вопрос 3.** Как был открыт закон Джоуля-Ленца?

**Ответ.** По спирали, помещенной в калориметр с водой, пропускали электрический ток. Через некоторое время вода нагревалась. По температуре воды можно было вычислить количество выделившейся теплоты. Эмпирическим путем было доказано, что при прохождении тока по

проводнику, обладающему определенным сопротивлением, в течение времени током совершается работа, проявляющаяся в виде выделившейся теплоты.

Английский физик Джеймс Джоуль и русский физик Эмилий Ленц изучали зависимость количества выделяемой теплоты от силы тока одновременно. Они пришли к одному и тому же выводу независимо друг от друга.

**Вопрос 4.** Как еще можно записать закон Джоуля-Ленца?

**Ответ.** Воспользовавшись законом Ома для участка цепи, закон Джоуля-Ленца можно переписать следующим образом:

$$Q=UIt=U^2Rt$$

**Вопрос 5.** Каково практическое применение закона Джоуля-Ленца?

**Ответ.** Закон Джоуля-Ленца находит широкое применение на практике:

1. На нем основан принцип действия многих нагревательных приборов (чайник, электроплитка, фен, утюг, паяльник и т.д).
2. На принципе закона Джоуля-Ленца основана контактная сварка, где создание неразъемного сварного соединения достигается путем нагрева металла за счет проходящего через него электрического тока и пластической деформации свариваемых деталей путем сжатия. Электродуговая сварка также использует закон Джоуля-Ленца.
3. Расчеты на основе закона Джоуля-Ленца позволяют стабилизировать и минимизировать тепловые потери в линиях электропередач.

#### Практическое занятие № 14

##### Решение задач с профессиональной направленностью

**Тема:** Решение задач по теме «Сила Ампера»

**Цель:** закрепить умение применять формулы на закон силы Ампера

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

Вывести из основной формулы рабочую формулу и ответить на вопросы.

**Краткая теория**

Если проводник с током поместить в магнитное поле, то на него будет действовать сила Ампера

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

B- Магнитная индукция [Тесла, Тл]

I - Сила тока, [Ампер]

l- Длина проводника, [м]

$\alpha$  - угол между вектором магнитной индукции  $B \rightarrow$  и направлением тока  $I \rightarrow$

Задача 1. (Нахождение силы Ампера)

По проводнику длиной 3 метра, помещенному в магнитное поле с индукцией Тесла  $B=2$  Тесла,

течет ток Ампера  $I=4$  Ампера.

Вектор магнитной индукции  $B \rightarrow$  перпендикулярен направлению тока  $I \rightarrow$ , это значит что  $\alpha=90^\circ$

Вычислить силу Ампера, действующую на проводник с током.

Задача 2. (Нахождение силы Ампера)

По проводнику длиной 4 метра, помещенному в магнитное поле с индукцией Тесла  $B=0,5$  Тесла,

течет ток Ампера  $I=2$  Ампера.

Вектор магнитной индукции  $B \rightarrow$  направлен под углом  $\alpha=30^\circ$  к проводнику.

Вычислить силу Ампера, действующую на проводник с током.

Задача 3. (Нахождение силы Ампера)

По проводнику длиной 1 метр, помещенному в магнитное поле с индукцией Тесла  $B=1,5$  Тесла,

течет ток Ампера  $I=2$  Ампера.

Вектор магнитной индукции  $B \rightarrow$  направлен под углом  $\alpha=45^\circ$  к проводнику.

Вычислить силу Ампера, действующую на проводник с током.

Задача 4. (Нахождение силы тока из формулы силы Ампера)

На проводник с током, помещенный в магнитное поле с индукцией Тесла  $B=0,4$  Тесла действует сила Ампера  $F_A=4,8$  Н

Вектор магнитной индукции  $B \rightarrow$  перпендикулярен направлению тока  $I \rightarrow$ , это значит что  $\alpha=90^\circ$

Длина проводника составляет 6 метров.

Вычислить силу тока  $I$ , текущего по проводнику.

Задача 5. (Нахождение силы тока из формулы силы Ампера)

На проводник с током, помещенный в магнитное поле с индукцией  $B=0,8$  Тл действует сила Ампера  $F_A=1,8$  Н

Вектор магнитной индукции  $B \rightarrow$  направлен под углом  $\alpha=30^\circ$  к проводнику.

Длина проводника составляет 10 метров.

Вычислить силу тока  $I$ , текущего по проводнику.

Задача 6. (Нахождение Магнитной индукции  $B$  из формулы силы Ампера)

Найти индукцию магнитного поля, если на проводник, длиной 1 метр, помещенный в это магнитное поле, действует сила Ампера  $F_A=0,5$  Н

Сила тока в этом проводнике составляет 0,8 Ампера, а вектор магнитной индукции перпендикулярен направлению тока.

Задача 7. (Нахождение Магнитной индукции  $B$  из формулы силы Ампера)

Найти индукцию магнитного поля, если на проводник, длиной 0,1 метра, помещенный в это магнитное поле, действует сила Ампера  $F_A=0,08$  Н

Сила тока в этом проводнике составляет 0,5 Ампера. Магнитное поле  $B \rightarrow$  направлено под углом  $\alpha=30^\circ$  к направлению тока.

**Задача**

**8.**

Определить силу, с которой однородное магнитное поле действует на проводник длиной 20 см, если сила тока в нем 300 мА, расположенный под углом 45 градусов к вектору магнитной индукции. Магнитная индукция составляет 0,5 Тл.

**Задача**

**9.**

Проводник с током 5 А находится в магнитном поле с индукцией 10 Тл. Определить длину проводника, если магнитное поле действует на него с силой 20 Н и перпендикулярно проводнику.

**Задача**

**10.**

Определить силу тока в проводнике длиной 20 см, расположенному перпендикулярно силовым линиям магнитного поля с индукцией 0,06 Тл, если на него со стороны магнитного поля действует сила

**Задача 11.** С какой силой действует магнитное поле с индукцией 10 мТл на проводник, в котором сила тока 50 А, если длина активной части проводника 0,1 м? Линии индукции поля и ток взаимно перпендикулярны.

**Задача 12.** Какова индукция магнитного поля, в которой на проводник с длиной активной части 5 см действует сила 50 мН? Сила тока в проводнике 25 А. проводник расположен перпендикулярно индукции магнитного поля.

**Задача 13.** Проводник длиной 20 см с силой тока 50 А находится в однородном магнитном поле с индукцией 40 мТл.

Какую работу совершит источник тока, если проводник переместится на 10 см перпендикулярно вектору магнитной индукции (вектор магнитной индукции перпендикулярен направлению тока в проводнике).

**Задача 14.** Проводник длиной 0,15 м перпендикулярен вектору магнитной индукции однородного магнитного поля, модуль которого  $B=0,4$  Тл. Сила тока в проводнике 8 А.

Найдите работу, которая была совершена при перемещении проводника на 0,025 м по направлению действия силы Ампера.

**Задача 15.** Найдите мощность, затрачиваемую на перемещение проводника с током 8 А со скоростью 4 м/с, направленной перпендикулярно магнитному полю с индукцией 1,2 Тл. Длина проводника 20 см.

## **Практическое занятие № 15**

### **Решение задач с профессиональной направленностью**

**Тема:** Решение задач по теме «Сила Лоренца»

**Цель:** закрепить умение применять формулы на закон силы Лоренца

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

Вывести из основной формулы рабочую формулу и ответить на вопросы.

**Краткая теория**



Сила Лоренца действует на заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле.

$$F_{\text{Л}} = qv \sin \alpha$$

$B$  - магнитная индукция, единица измерения Тесла [Тл]

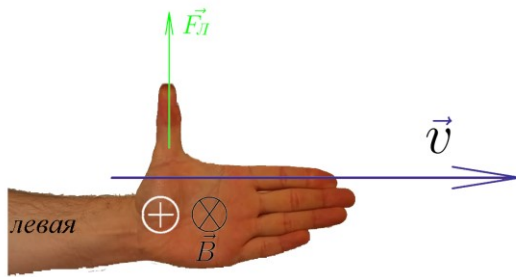
$q$  - заряд частицы, единица измерения Кулон [Кл]

$v$  - скорость частицы

$\alpha$  - угол между вектором магнитной индукции  $\vec{B}$  и вектором скорости частицы  $\vec{v}$

Направление силы Лоренца, действующей на положительно заряженную частицу.

Если вектор магнитной индукции входит в ладонь левой руки, а четыре пальца сонаправлены с направлением вектора скорости положительно заряженной частицы, то отогнутый на 90° большой палец показывает направление силы Лоренца, действующей на эту частицу.



## Задача на силу Лоренца №1

### Условие

Электрон с энергией 300 эВ движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля напряженностью 465 А/м. Определить силу Лоренца, скорость и радиус траектории электрона.

### Решение

Скорость электрона можно найти из формулы кинетической энергии:

$$E_k = m \cdot v^2 / 2 = 2 E_k m$$

Сила Лоренца является центростремительной силой, значит, по второму закону Ньютона, можно записать:

$$F_{\text{Л}} = qvB$$

$$m \frac{v^2}{R} = F_{\text{Л}} = qvB$$

$$R = \frac{mv^2}{qvB} = \frac{mv}{qB}$$

Магнитная индукция равна напряженности, умноженной на магнитную постоянную. Подставив ранее найденное выражение для скорости в формулу для радиуса и силы Лоренца, запишем:

$$R = m^2 E_k^2 \mu_0 H = 2 E_k^2 \mu_0 H F_{\text{Л}} = q^2 E_k^2 \mu_0 H$$

Теперь осталось только подставить значения и вычислить:

$$v = 2.48 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}; \quad F_{\text{Л}} = 4.314 \cdot 10^{-7} \cdot 465 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 3.25 \cdot 10^7 = 3 \cdot 10^{-15} \text{ Н}; \quad R = 2.48 \cdot 10^{-16} \cdot 9.1 \cdot 10^{-31} \cdot 4.314 \cdot 10^{-7} \cdot 465 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} = 0.32 \text{ м}$$

**Ответ:**  $v = 3.25 \cdot 10^7 \text{ м/с}$ ;  $F_{\text{Л}} = 3 \cdot 10^{-15} \text{ Н}$ ;  $R = 0.32 \text{ м}$ .

## Задача на силу Лоренца №2

### Условие

Альфа-частица влетает в магнитное поле с индукцией 1 Тл перпендикулярно силовым линиям. Найти момент импульса частицы относительно центра окружности, по которой она будет двигаться.

### Решение

Когда частица влетает в поле перпендикулярно силовым линиям, на нее начинает действовать сила Лоренца, которая выполняет роль центростремительной силы. Радиус окружности, по которой будет двигаться частица:

$R = mv/QB$   $m = 6,65 \cdot 10^{-27}$  кг - масса альфа частицы  $Q = 2e = 3,2 \cdot 10^{-19}$  Кл - заряд альфа частицы

Момент импульса частицы относительно центра окружности найдем по формуле:

$$L = mvR = m^2 v^2 / QB = 6,65 \cdot 10^{-27} \cdot 0,35 \cdot 10^7 / 2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-19} = 5,42 \cdot 10^{-21} \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$$

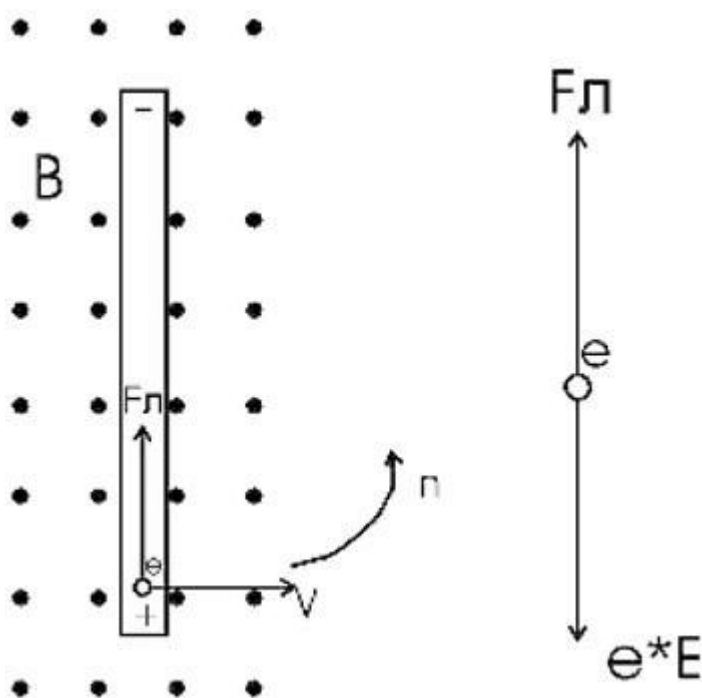
Ответ:  $5,42 \cdot 10^{-21}$  кг·м<sup>2</sup>/с.

### Задача на силу Лоренца №3

#### Условие

В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,5$  Тл вращается с частотой  $n = 10$  с<sup>-1</sup> стержень длиной  $l = 20$  см. Ось вращения параллельна линиям индукции и проходит через один из концов стержня перпендикулярно его оси. Определите разность потенциалов  $U$  на концах стержня.

#### Решение



Рассмотрим физическую суть процессов, проходящих в стержне. Когда стержень движется в магнитном поле, в нем возникает ЭДС индукции, которая обусловлена действием силы Лоренца на заряды стержня.

Под действием этой силы в стержне происходит разделение зарядов: свободные электроны перемещаются вверх и между концами стержня возникает разность потенциалов.

Заряды на концах стержня создают поле  $E$ , препятствующее дальнейшему разделению зарядов. В какой-то момент сила Лоренца уравнивается с силой возникающего поля:

$$F_L = e \cdot E E = F_{Le} = evBe = vB$$

Скорость нижнего конца стержня, а значит, и скорость электронов в нем, можно найти, зная частоту вращения и длину стержня:

$$v = 2\pi \cdot n \cdot l$$

С учетом этого, переписывается выражения для напряженности электрического поля:

$$E = 2\pi n l B$$

Индуктируемая разность потенциалов, по определению, равна:

$$U = E \cdot l U = 2\pi n l^2 B = 2 \cdot 3,14 \cdot 10^{-1} \cdot 0,22^2 \cdot 0,5 = 1,3 \text{ В}$$

Ответ: 1,3 В.

### Задача на силу Лоренца №4

#### Условие

Какая сила действует на заряд 0,005 Кл, движущийся в магнитном поле с индукции 0,5 Тл со скоростью 150 м/с под углом 45 градусов к вектору магнитной индукции?

#### Решение

Это простейшая задача на определение силы Лоренца. Вспомним формулу и запишем, что на заряд действует сила Лоренца, равная:

$$F = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$$

Подставим значения и вычислим:

$$F = 0,005 \cdot 150 \cdot 0,5 \cdot 22 = 0,26 \text{ Н}$$

**Ответ:** 0,26 Н.

### **Задача на силу Лоренца №5**

#### **Условие**

На тело с зарядом 0,8 мКл, движущееся в магнитном поле, со стороны поля действует сила, равная 32 Н. Какова скорость тела, если вектор магнитного поля перпендикулярен ей?

#### **Решение**

Это классическая задача на применение формулы силы Лоренца. Так как векторы скорости и магнитной индукции перпендикулярны, можно записать:

$$F = qvB \sin \alpha = qvBv = FqB = 320,8 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 20 \cdot 10^3 \text{ мс}$$

**Ответ:** 20000 м/с.

Задача 6. (Сила Лоренца)

Пылинка, имеющая заряд  $q = 10^{-6}$  Кл движется в магнитном поле с индукцией  $B = 20$  Тл. Скорость пылинки перпендикулярна линиям магнитной индукции и равна  $v = 100$  м/с. Вычислить значение силы Лоренца, действующей на пылинку со стороны магнитного поля. Дать ответ в миллиньютонах.

Задача 7,.

Шарик с зарядом  $q = 100$  мкКл влетает в магнитное поле с индукцией  $B = 100$  Тл со скоростью  $v = 30$  м/с. Угол между вектором магнитной индукции  $\vec{B}$  и вектором скорости частицы  $\vec{v}$  составляет  $\alpha = 30^\circ$ .

Найти значение силы Лоренца, действующей на шарик со стороны поля.

Задача 8. (Сила Лоренца)

Электрон движется в магнитном поле с индукцией  $B = 1$  Тл перпендикулярно линиям магнитного поля со скоростью  $v = 10^8$  м/с. Вычислить значение силы Лоренца, действующей на электрон со стороны магнитного поля. Заряд электрона  $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Дать ответ в пиконьютонах.

1 пН  $F = 10^{-12}$  Н.

Задача 9. (Сила Лоренца)

С какой скоростью двигался протон в магнитном поле с индукцией  $B = 10^{-2}$  Тл перпендикулярно линиям поля, если на него действовала сила Лоренца  $F = 3,2 \cdot 10^{-17}$  Н? Заряд протона  $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Дать ответ в километрах в секунду.

Задача 10. (Сила Лоренца)

Альфа-частица движется в магнитном поле с индукцией  $B = 10^{-3}$  Тл перпендикулярно линиям поля, при этом на нее действует сила Лоренца  $F = 6,4 \cdot 10^{-15}$  Н. Вычислить скорость альфа-частицы, если ее заряд  $q = 3,2 \cdot 10^{-19}$  Кл. Дать ответ в километрах в секунду.

Задача 11. (Сила Лоренца)

Протон влетает в магнитное поле со скоростью  $v = 10^5$  м/с перпендикулярно линиям индукции, после чего он движется по окружности. Найти радиус этой окружности, если индукция поля  $B = 0,01$  Тл.

Заряд протона  $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл

Масса протона  $m = 1,6 \cdot 10^{-27}$  кг

### **Практическое занятие № 16**

#### **Решение задач с профессиональной направленностью**

**Тема:** Решение задач по теме «Электромагнитная индукция»

**Цель:** закрепить умение применять формулы на явления электромагнитной индукции

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

Вывести из основной формулы рабочую формулу и ответить на вопросы.

1. Объясните, будет ли регистрировать ток гальванометр, соединённый с катушкой индуктивности, если катушку начнут приближать к покоящемуся постоянному магниту?
2. Рассчитайте время, за которое произошло увеличение силы тока с 0,5А до 1А в катушке индуктивностью 200мГн, если при этом возникает ЭДС самоиндукции 0,2В
3. Объясните, будет ли регистрировать ток гальванометр, соединённый с катушкой 1, индуктивно связанной с катушкой 2, по которой протекает постоянный электрический ток, если катушку 1 будут перемещать относительно катушки 2 (вверх - вниз)?
4. На какую величину изменится сила тока в катушке с индуктивностью 150мГн за 2с, если при этом возникает ЭДС самоиндукции 50В.
5. Объясните, будет ли регистрировать ток гальванометр, соединённый с катушкой 1, индуктивно связанной с катушкой 2, по которой протекает постоянный электрический ток, если катушку 2 будут перемещать относительно катушки 1 (вверх – вниз)?
6. Цепь, содержащую источник тока, катушку индуктивности и ключ, размыкают. При этом ток, текущий через катушку, убывает от 12А до 0А за 1с. Нарисуйте, как примерно выглядит график зависимости силы тока от времени; рассчитайте какая энергия будет выделяться при этом, если индуктивность катушки 50мГн
7. Объясните, будет ли регистрировать ток гальванометр, соединённый с катушкой индуктивности, если катушку начнут удалять от покоящегося постоянного магнита?
8. Цепь, содержащую источник тока, катушку индуктивности и ключ, замыкают. При этом ток, протекающий через катушку, увеличивается от 0А до 4А за 0,8с. Нарисуйте, как примерно выглядит график зависимости силы тока от времени; рассчитайте какую работу совершит при этом источник тока, если индуктивность катушки 100мГн.

**Практическое занятие № 17****Решение задач с профессиональной направленностью**

**Тема: Решение задач по теме «Правило Ленца»**

**Цель:** закрепить умение применять формулы на правило Ленца

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

Вывести из основной формулы рабочую формулу и ответить на вопросы.

1. **Задача №1.** Внутри электрической цепи, которая состоит из источника тока и реостата, расположено замкнутое проволочное кольцо А. Ползунок реостата находится в среднем положении. Появится ли индукционный ток в кольце после того, как ползунок реостата сдвинут с места? На что будет влиять скорость передвижения ползунка и его направление? **Ответ:** при начале движения ползунка реостата в кольце появится индукционный ток. Скорость передвижения ползунка будет влиять на силу этого тока, направление передвижения — на направление тока.
  2. **Задача №2.** В каком направлении нужно двигать полосовой магнит относительно замкнутой проволочной катушки, чтобы в ней возник индукционный ток, направление которого указано на рисунке? **Ответ:** влево.
  3. **Задача №3** в каком направлении нужно вращать рамку вокруг оси ab, для того чтобы в рамке начал протекать индукционный ток в направлении, обозначенном на рисунке? **Ответ:** против направления движения часовой стрелки.
- Задача 4.** За 2 с магнитный поток, пронизывающий контур, равномерно увеличился от 2 до 8 Вб. Чему равна ЭДС индукции в контуре?

А) 1 В;

Б) 3 В;

В) 4 В;

Г) 12 В.

**Задача 5.** Чему равна сила индукционного тока в явлении, описанном в предыдущем вопросе?

Сопротивление контура 3 Ом.

А) 3 А;

Б) 1 А

В) 0,75 А;

Г) 4 А.

**Задача 6.** В однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл по двум толстым проводящим стержням может двигаться проводящая перемычка со скоростью 4 м/с. Чему равно значение ЭДС индукции, возникающей в контуре? Длина перемычки 50 см. (см.рис.2)

А) 40 В

Б) 4 В;

В) 0,5 В;

Г) 0,04 В.

**Задача 7.** Каким будет направление индукционного электрического тока в скользящей перемычке (см. рис.2)?

А) влево;

Б) вправо;

В) вверх;

Г) вниз.

**Задача 8.** Как изменится индуктивность катушки, если магнитный поток, создаваемый катушкой, уменьшится в 3 раза?

А) не изменится;

В) уменьшится в 3 раза;

Б) увеличится в 3 раза;

Г) уменьшится в 9 раз.

4. За 2 с магнитный поток, пронизывающий контур, равномерно увеличился от 2 до 8 Вб. Чему равна ЭДС индукции в контуре?

А) 1 В;

Б) 3 В;

В) 4 В;

Г) 12 В.

5. Чему равна сила индукционного тока в явлении, описанном в предыдущем вопросе?

Сопротивление контура 3 Ом.

А) 3 А;

Б) 1 А;

В) 0,75 А;

Г) 4 А.

6. В однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл по двум толстым проводящим стержням может двигаться проводящая перемычка со скоростью 4 м/с. Чему равно значение ЭДС индукции, возникающей в контуре? Длина перемычки 50 см. (см.рис.2)

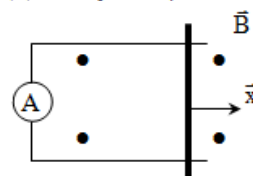
А) 40 В;

Б) 4 В;

В) 0,5 В;

Г) 0,04 В.

Рис. 2



7. Каким будет направление индукционного электрического тока в скользящей перемычке (см.рис.2)?

А) влево;

Б) вправо;

В) вверх;

Г) вниз.

8. Как изменится индуктивность катушки, если магнитный поток, создаваемый катушкой, уменьшится в 3 раза?

А) не изменится;

В) уменьшится в 3 раза;

Б) увеличится в 3 раза;

Г) уменьшится в 9 раз.

### Практическое занятие № 18

#### Решение задач с профессиональной направленностью

**Тема:** Решение задач по теме «Энергия магнитного поля»

**Цель:** закрепить умение применять формулу энергии магнитного поля

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

Вывести из основной формулы рабочую формулу и ответить на вопросы.

**Место проведения:** учебная аудитория.

#### Краткая теория

Магнитное поле – силовое поле, действующее на движущиеся электрические заряды и на тела, обладающие магнитным моментом, независимо от состояния их движения, магнитная составляющая электромагнитного поля.

Магнитное поле может создаваться током заряженных частиц и/или магнитными моментами электронов в атомах (и магнитными моментами других частиц, хотя в заметно меньшей степени) (постоянные магниты).

**Энергия магнитного поля** катушки с индуктивностью  $L$ , создаваемого током  $I$ , равна  
Проводник, по которому протекает электрический ток, всегда окружен магнитным полем,

$$W_{\text{м}} = \frac{\Phi I}{2} = \frac{LI^2}{2} = \frac{\Phi^2}{2L}.$$

причем магнитное поле появляется и исчезает вместе с появлением и исчезновением тока. Магнитное поле, подобно электрическому, является носителем энергии. Естественно предположить, что энергия магнитного поля равна работе, которая затрачивается током на создание этого поля.

Рассмотрим контур индуктивностью  $L$ , по которому течет ток  $I$ . С данным контуром сцеплен магнитный поток  $\Phi = LI$ , причем при изменении тока на  $dI$  магнитный поток изменяется на  $d\Phi = LdI$ . Однако для изменения магнитного потока на величину  $d\Phi$  необходимо совершить работу  $dA = Id\Phi = LIdI$ . Тогда работа по созданию магнитного потока  $\Phi$  будет равна

$$A = \int_0^I LIdI = LI^2/2.$$

Следовательно, энергия магнитного поля, связанного с контуром,

$$W = LI^2/2.$$

Задания для аудиторной работы

1. По обмотке соленоида индуктивностью  $L=0,2$  Гн течет ток  $I=10$  А. Определить энергию  $W$  магнитного поля соленоида.

2. Индуктивность  $L$  катушки (без сердечника) равна  $0,1$  мГн. При какой силе тока  $I$  энергия  $W$  магнитного поля равна  $100$  мкДж?

3. Соленоид содержит  $N=1000$  витков. Сила тока  $I$  в его обмотке равна  $1$  А, магнитный поток  $\Phi$  через поперечное сечение соленоида равен  $0,1$  мВб. Вычислить энергию  $W$  магнитного поля.

4. На железное кольцо намотано в один слой  $N=200$  витков. Определить энергию  $W$  магнитного поля, если при токе  $I=2,5$  А магнитный поток  $\Phi$  в железе равен  $0,5$  мВб.

### Самостоятельная работа Вариант 1

#### Часть А

В катушке индуктивностью  $0,6$  Гн сила тока равна  $20$  А. Какова энергия магнитного поля этой катушки?

#### Часть В

Какова индуктивность витка проволоки, если при токе  $6$  А создается магнитный поток  $12$  мВб?

#### Часть С

В катушке из  $150$  витков течет ток  $7,5$  А, и при этом создается магнитный поток  $20$  мВб. Какова индуктивность катушки?

### Вариант 2

#### Часть А

Найти энергию магнитного поля соленоида, в котором при силе тока  $10$  А возникает магнитный поток  $0,5$  Вб.

#### Часть В

Какой должна быть сила тока в обмотке дросселя индуктивностью  $0,5$  Гн, чтобы энергия поля оказалась равной  $1$  Дж?

#### Часть С

Найдите энергию магнитного поля катушки из  $5$  витков, по которой течет ток  $5$  А, если при этом магнитный поток через поперечное сечение катушки равен  $10$  мВб.

### Контрольные вопросы

1. Что такое магнитное поле?
2. Чему равна энергия магнитного поля катушки?

### **Практическое занятие № 19**

#### **Решение задач с профессиональной направленностью**

##### **Тема: Решение задач по теме «Трансформатор»**

**Цель:** закрепить умение применять формулы коэффициента трансформации и КПД

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

##### **Ход выполнения:**

Вывести из основной формулы рабочую формулу и ответить на вопросы.

##### **Задача на трансформатор №1**

###### **Условие**

Определите напряжение на концах первичной обмотки трансформатора, имеющей  $N_1=2000$  витков, если напряжение на концах вторичной обмотки, содержащей  $N_2=5000$  витков, равно 50 В. Активными сопротивлениями обмоток трансформатора можно пренебречь.

###### **Решение**

Применим формулу для коэффициента трансформации:

$$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

Из данной формулы следует, что:

$$U_1 = U_2 \cdot \frac{N_1}{N_2}$$

Подставим значения и вычислим:

$$U_1 = 50 \cdot \frac{2000}{5000} = 20 \text{ В}$$

**Ответ:** 20 В.

##### **Задача на трансформатор №2**

###### **Условие**

Первичная обмотка трансформатора находится под напряжением 220 В, по ней проходит ток 0,5 А. На вторичной обмотке напряжение составляет 9,5 В, а сила тока равна 11 А. Определите коэффициент полезного действия трансформатора.

###### **Решение**

Формула для коэффициента полезного действия трансформатора:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%$$

Здесь  $P = UI$  – мощность тока в обмотке.

Возьмем данные из условия и применим указанную формулу:

$$\eta = \frac{U_2 I_2}{U_1 I_1} \cdot 100\% = \frac{9,5 \cdot 11}{220 \cdot 0,5} \cdot 100\% = 95\%$$

**Ответ:** 95%

##### **Задача на трансформатор №3**

###### **Условие**

Напряжение на первичной обмотке понижающего трансформатора 220 В, мощность 44 Вт. Определите силу тока во вторичной обмотке, если отношения числа витков обмоток равно 5. Потерями энергии можно пренебречь

###### **Решение**

Напряжение на вторичной обмотке будет равно:

$$U_2 = \frac{U_1}{k} = \frac{220}{5} = 44 \text{ В}$$

Если считать, что потерь энергии нет, то мощность во вторичной обмотке будет такая же, как и в первичной:

$$I_2 = \frac{P}{U_2} = \frac{44 \text{ Вт}}{44 \text{ В}} = 1 \text{ А}$$

**Ответ:** 1 А

При решении задач не забывайте проверять размерности величин!

##### **Задача на трансформатор №4**

###### **Условие**

Понижающий трансформатор включен в сеть с напряжением 1000 В и потребляет от сети мощность, равную 400 Вт. Каков КПД трансформатора, если во вторичной обмотке течет ток 3,8 А, а коэффициент трансформации равен 10?

###### **Решение**

Сначала определим напряжение на вторичной обмотке трансформатора:

$$U_2 = U_1 k = 100010 = 100 \text{ В}$$

Запишем формулу для КПД трансформатора и рассчитаем:

$$\eta = P_2 P_1 \cdot 100\% = U_2 I_2 P_1 \cdot 100\% \eta = 100 \cdot 3,8400 \cdot 100\% = 95\%$$

**Ответ:** 95%

### **Задача на трансформатор №5**

#### **Условие**

Вторичная обмотка трансформатора, имеющая 95 витков, пронизывается магнитным потоком, изменяющимся со временем через один виток по закону  $\Phi = 0,01 \sin 100\pi t$ . Напишите формулу, выражающую зависимость ЭДС во вторичной обмотке от времени.

#### **Решение**

По закону электромагнитной индукции:

$$\varepsilon = -N d\Phi/dt$$

Продифференцируем магнитный поток по времени:

$$d\Phi/dt = d(0,01 \sin 100\pi t) dt = 0,01 \cdot 100\pi \cdot \cos 100\pi t = \pi \cos 100\pi t$$

Подставим результат в формулу для ЭДС:

$$\varepsilon = -N \pi \cos(100\pi t)$$

От минуса в данном выражении можно избавиться с помощью формул тригонометрии. Сделаем это и запишем окончательный результат:

$$\varepsilon = N \pi \sin(100\pi t - \pi/2) = 95\pi \sin(100\pi t - \pi/2)$$

**Ответ:**  $95\pi \sin(100\pi t - \pi/2)$

### **Вопросы на тему «Трансформаторы»**

**Вопрос 1.** Что такое трансформатор?

**Ответ.** Трансформатор – статическое устройство, имеющее две или более связанные обмотки на магнитопроводе. Трансформатор предназначен для преобразования одной величины напряжения и тока в другое без изменения частоты посредством электромагнитной индукции.

Основное назначение трансформаторов: изменять напряжение переменного тока.

**Вопрос 2.** Где используются трансформаторы?

**Ответ.** Трансформатор – очень распространенное устройство в электронике и электротехнике.

Трансформаторы используются:

1. В сетях передачи электроэнергии.
2. В радиоэлектронных приборах (усилители низкой частоты и т.д.)
3. В источниках электропитания практически всех бытовых приборов.

**Вопрос 3.** Какие бывают трансформаторы?

**Ответ.** Трансформаторы делятся на:

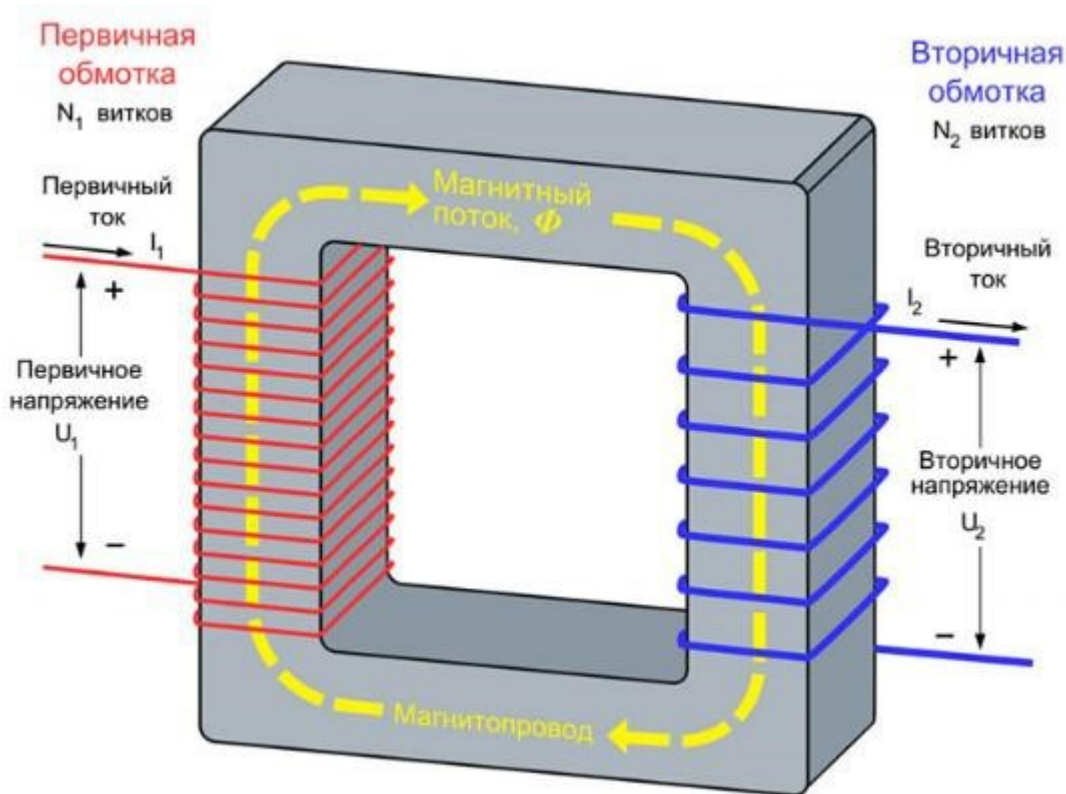
- силовые;
- сварочные;
- измерительные;
- импульсные;
- разделительные;
- согласующие и т.д.

Помимо этого трансформаторы разделяют по числу фаз: однофазные, двухфазные, трехфазные и многофазные.

**Вопрос 4.** Из чего состоит простейший трансформатор?

**Ответ.** Основными элементами любого трансформатора являются изолированные обмотки, намотанные на сердечник.





**Вопрос 5.** Когда изобрели трансформатор?

Ответ. Прообразом трансформатора считается индукционная катушка француза Г. Румкорфа, представленная в 1848-м. В 1876 году русский электротехник П. Н. Яблочков запатентовал трансформатор переменного тока с разомкнутым сердечником. Затем английские братья Гопкинсон, а также румыны К. Циперановский и О. Блати доработали устройство, добавив замкнутый магнитопровод. В таком виде конструкция трансформатора остается актуальной и по сей день.

## Практическое занятие № 20

### Решение задач с профессиональной направленностью

**Тема:** Решение задач по теме «Тонкая линза»

**Цель:** закрепить умение применять формулы тонкой линзы

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

Вывести из основной формулы рабочую формулу и ответить на вопросы.

Чтобы успешно решать задачи по геометрической оптике на тему «Тонкие линзы», нужно знать всего лишь пару формулу. Правда, формул много не бывает, и мы собрали их вместе: пригодятся в решении задач по другим темам. А тем, кто не знает, как вообще подступиться к задачам по физике, рекомендуем почитать общую памятку по решению.

**Задача №1. Формула тонкой линзы**

**Условие**

*Линзу с оптической силой 2,5 дптр поместили на расстоянии 0,5 м от ярко освещённого предмета. На каком расстоянии следует поместить экран, чтобы увидеть на нём чёткое изображение предмета?*

**Решение**

Линза является собирающей (оптическая сила положительна). Запишем формулу тонкой линзы:

$$1F = 1d + 1f$$

Учтем, что  $F = 1D$ , подставим значения из условия, и запишем:

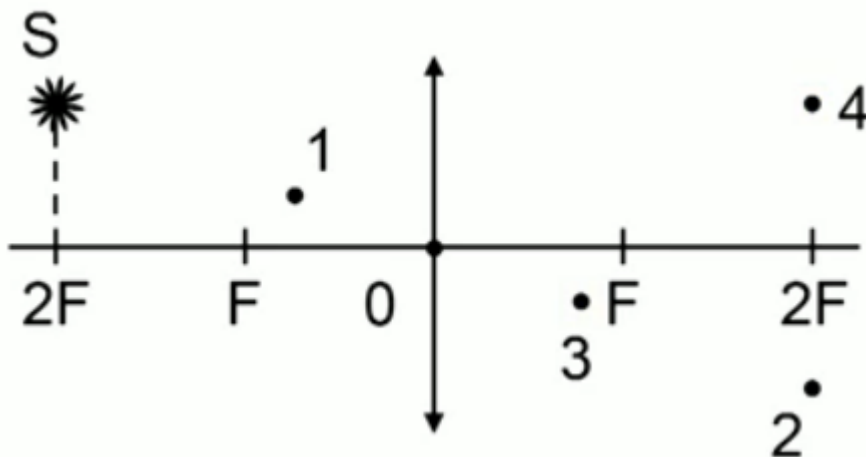
$$2,5 = 10,5 + 1/f \Rightarrow f = 2 \text{ м}$$

**Ответ:** 2м

## Задача №2. Формула тонкой линзы

### Условие

Светящаяся точка лежит в плоскости, проходящей через двойной фокус тонкой линзы, у которой указана главная оптическая ось. Определите, какая из четырех точек на чертеже соответствует правильному изображению светящейся точки.

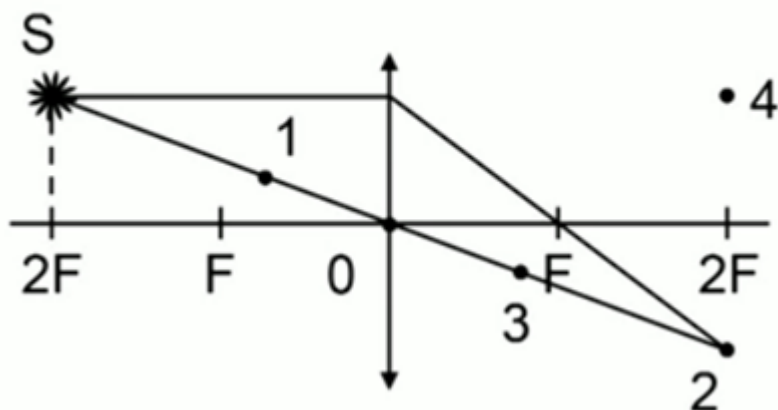


### Решение

Как видим, на рисунке изображена собирающая линза с оптическим центром в точке O. Светящаяся точка S находится от линзы на расстоянии, равном двум фокусам.

Построим изображение точки: один луч проходит через оптический центр линзы, а второй луч, параллельный главной оптической оси, после преломления проходит через фокус. Точка пересечения лучей на расстоянии двойного фокуса и будет являться изображением точки S.

### Решение:



**Ответ:** изображению точки S соответствует точка 2.

Данное решение получено геометрическим путем, но его можно проверить, используя формулу линзы. Подставим в нее  $2F$  вместо  $d$ , и получим тот же результат.

## Задача №3. Формула тонкой линзы

### Условие

Предмет высотой 3 см находится на расстоянии 40 см от собирающей тонкой линзы. Определите высоту изображения, если оптическая сила линзы равна 4 диоптриям.

### Решение

Запишем формулу тонкой собирающей линзы и формулу увеличения линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \quad \Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

Перепишем эти соотношения, с учетом того, что  $F = 1/D$

$$H = h \cdot f d \frac{1}{f} = D \cdot d$$

Отсюда найдем  $f$ :

$$f = d D \cdot d - 1$$

Осталось подставить значения в формулу для  $H$  и вычислить:

$$H = h d D \cdot d - 1 = 0,03 \cdot 0,44 \cdot 0,4 - 1 = 0,05 \text{ м}$$

Ответ: 0,05 м.

#### Задача №4. Формула тонкой линзы

##### Условие

Предмет имеет высоту 2 см. Какое фокусное расстояние должна иметь линза, расположенная на расстоянии  $f=4$  м от экрана, чтобы изображение предмета на экране имело высоту  $H=1$  м?

##### Решение

Фокусное расстояние найдем из формулы линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow F = \frac{df}{d+f}$$

Запишем формулу увеличения линзы и выразим  $d$ :

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} \Rightarrow d = \frac{fh}{H}$$

Запишем окончательный ответ:

$$F = \frac{hfH}{h+H} \approx 0,08 \text{ м}$$

Ответ: 0,08 м.

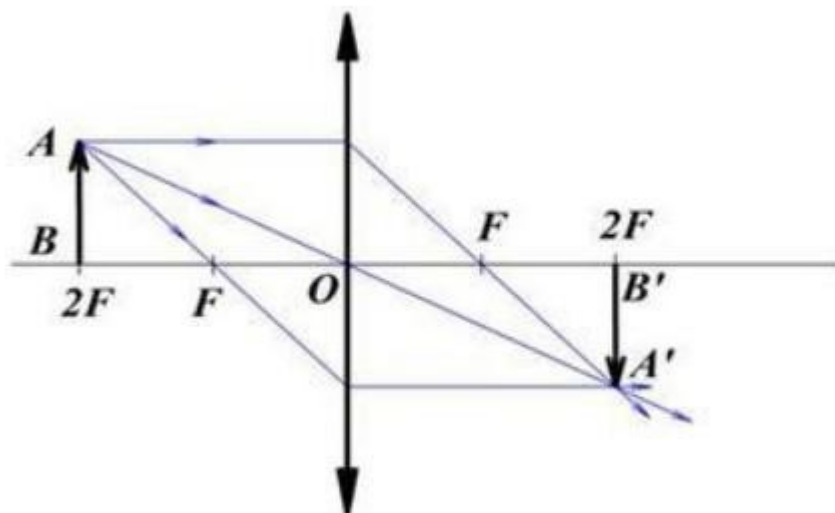
#### Задача №5. Формула тонкой линзы

##### Условие

Постройте изображение отрезка  $AB$ , расположенного перед собирающей линзой так, что расстояние от предмета до линзы  $d=2F$ . Каким будет изображение?

##### Решение

Построим изображение в соответствии с правилами геометрической оптики:



Данное изображение:

- действительное;
- перевернутое;
- равное предмету.

Ответ: см. выше.

#### Вопросы на тему «Тонкая линза»

**Вопрос 1.** Какое равенство называют формулой тонкой линзы?

**Ответ.** Формула тонкой линзы имеет следующий вид:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

Здесь:

- $F$  – фокусное расстояние;
- $d$  – расстояние от линзы до предмета;
- $f$  – расстояние от линзы до изображения.

**Вопрос 2.** В чем разница в формуле линзы для собирающей и рассеивающей линз?

**Ответ.** Для собирающей линзы  $f$  берется положительным, а для рассеивающей – отрицательным. Соответственно, собирающая линза строит действительное изображение, а рассеивающая – мнимое.

**Вопрос 3.** Что такое фокусное расстояние линзы?

**Ответ.** Фокусное расстояние линзы – это расстояние между ее оптическим центром и главным фокусом.

**Вопрос 4.** Что такое оптическая сила линзы?

**Ответ.** Оптическая сила – это величина, обратная фокусному расстоянию. Она характеризует преломляющую способность линзы.

**Вопрос 5.** Может ли оптическая сила линзы быть отрицательной?

**Ответ.** Да. Для рассеивающей линзы оптическая сила берется со знаком минус.

### Практическое занятие № 21

#### Решение задач с профессиональной направленностью

**Тема:** Решение задач по теме «Волновые свойства света»

**Цель:** углубить представления о световых явлениях; формирование умений применять физические законы на практике.

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

Вывести из основной формулы рабочую формулу и ответить на вопросы.

**Планируемые результаты**

*Предметные:*

- актуализировать знания, полученные при изучении раздела «Оптика»;
- совершенствовать навыки решения задач разного типа и уровня;
- получают возможность применять ранее усвоенные знания и умения в новой нестандартной ситуации

*Метапредметные:*

- *познавательные* – применять полученные знания для решения заданий;
- *регулятивные* – осуществлять действия, приводящие к выполнению поставленной цели; вносить коррективы и дополнения в способ своих действий; оценивать достигнутый результат;
- *коммуникативные* – описывать содержание совершаемых действий и давать им оценку

*Личностные:*

- развивать логическое мышление, память, внимание, речь, умение анализировать, сравнивать, обобщать,
- сохранять мотивацию к учебе, ориентироваться на понимание причин успеха в учебе, развивать способность к самооценке; развитие умения видеть проявления изученных закономерностей в окружающей жизни

**Тип урока:** урок формирования практических умений и навыков

#### ХОД УРОКА:

##### 1. Организационный этап

##### 1. Актуализация знаний *Фронтальный опрос*

1. Законы отражения света
2. Законы преломления света
3. Формула тонкой линзы. Увеличение линзы
4. Дисперсия света. Абсолютный показатель преломления среды  $n = c/v = v_1/v_2$
5. Интерференция света
6. Дифракция света

##### 1. Мотивация. Этап постановки целей и задач урока

Решение любой задачи – «это хорошее знание теории, немного смекалки и простая арифметика».

Сегодня на уроке мы расширим наши знания и попробуем применить их на практике.

– Какова тема сегодняшнего урока?

– На какие вопросы вы хотели бы ответить на сегодняшнем уроке? *Узнать ... Научиться ...*

##### 1. Решение задач

1) На какой угол отклонится луч света от первоначального направления, упав под углом  $45^\circ$  на поверхность стекла? на поверхность алмаза?

| <u>Дано:</u>                                       | <u>Решение:</u>                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\alpha = 45^\circ$<br>$n_c = 1,6$<br>$n_a = 2,42$ | $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \quad ; \quad \sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n} = \frac{\sin 45^\circ}{1,6} = \frac{\sqrt{2}}{2 \cdot 1,6} \approx 0,4375 \quad ; \quad \beta_1 \approx 26^\circ; \beta_2 \approx 17^\circ$ |

|                        |                                                                                                                                                                    |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $(\alpha - \beta) - ?$ | $(\alpha - \beta)_1 = 45^\circ - 26^\circ = 19^\circ$ ; $(\alpha - \beta)_2 = 45^\circ - 17^\circ = 28^\circ$<br>Ответ: $19^\circ$ для воды; $28^\circ$ для алмаза |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

2) Вода освещена красным светом, для которого длина волны в воздухе 0,7 мкм. Какой будет длина волны в воде? Какой цвет видит человек, открывший глаза под водой?

|                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Дано:</u><br>$\lambda_1 = 0,7 \text{ мкм} = 7 \cdot 10^{-7} \text{ м}$<br>$n = 1,33$<br>$\lambda_2 - ?$ | <u>Решение:</u><br>$v = \frac{c}{n}$ Скорость света в воде уменьшится и станет равной<br>Длина волны в среде уменьшается в n раз:<br>$\lambda_2 = \frac{\lambda_1}{n} = \frac{0,7 \cdot 10^{-6}}{1,33} \text{ м} = 0,53 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 0,53 \text{ мкм}$<br>Ответ: 0,53 мкм, красный цвет, т. к. воспринимаемый глазом цвет зависит от частоты, а не от длины световой волны. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

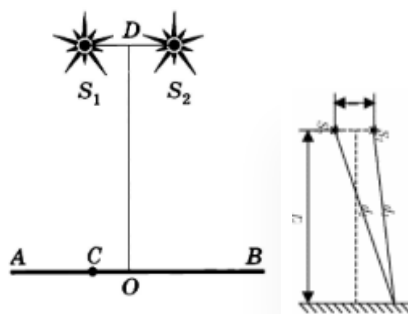
3) Рассматривая предмет в собирающую линзу, его располагают на расстоянии 4 см от нее. При этом получают мнимое изображение, в 5 раз большее самого предмета. Какова оптическая сила линзы?

|                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Дано:</u><br>$d = 0,04 \text{ см}$<br>$\Gamma = 5$<br>$D - ?$ | <u>Решение:</u><br>$\Gamma = \frac{f}{d'}; \quad f = \Gamma d;$ $\frac{1}{F} = D = \frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{f - d}{df} = \frac{\Gamma d - d}{d \Gamma d} = \frac{\Gamma - 1}{\Gamma d}$ $D = \frac{5 - 1}{5 \cdot 0,04} = \frac{4}{0,2} = 20 \text{ Дптр}$<br>Ответ: 20 Диоптр. |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### ФИЗМИНУТКА

#### ОСНОВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ИНТЕРФЕРЕНЦИЮ

1. Сделать соответствующий чертеж, указав на нем ход лучей.
  2. Выяснить причины появления оптической разности хода между интерферирующими лучами.
  3. Определить эту оптическую разность хода лучей.
  4. Записать или, если необходимо, вывести условие максимума или минимума интерференции.
  5. Решить полученное уравнение, произвести вычисления и оценить реальность полученного результата.
- 4) Два когерентных источника  $S_1$  и  $S_2$  (рис. 146) излучают монохроматический свет с длиной волны 600 нм. Определить, на каком расстоянии от точки  $O$  на экране будет первый максимум освещенности, если  $OC = 4 \text{ м}$  и  $S_1 S_2 = 1 \text{ мм}$ .



|                                       |                                                                                                                     |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Дано:</u>                          | <u>Решение</u>                                                                                                      |
| $\lambda = 6 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ | Усл. max: $\Delta d = k\lambda = \lambda$                                                                           |
| $S_1S_2 = 10^{-3} \text{ м}$          | Но $\Delta d = S_1S_2 \cdot \sin \varphi \approx S_1S_2 \cdot \tan \varphi$                                         |
| $OC = 4 \text{ м}$                    | Из $\triangle COB$ : $\tan \varphi = \frac{x}{OC}$ . Тогда $\Delta d = S_1S_2 \cdot \frac{x}{OC} = l$               |
| $x - ?$                               | Отсюда $x = \frac{\lambda \cdot OC}{S_1S_2} = \frac{6 \cdot 10^{-6} \cdot 4}{10^{-3}} = 24 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ |
|                                       | Ответ: $24 \cdot 10^{-4} \text{ м}$                                                                                 |

### 1. Самостоятельная работа

#### Уровень 1

Два когерентных источника  $S_1$  и  $S_2$  освещают экран АВ, плоскость которого параллельна направлению  $S_1S_2$  (рис. 121). Доказать, что на экране в точке О, лежащей на перпендикуляре, опущенном на экран из середины отрезка  $S_1S_2$ , соединяющего источники, будет максимум освещенности.

Решение:

$\Delta d = S_1O - S_2O = 0$ . Следовательно, в точке О будет наблюдаться максимум.

#### Уровень 2

Две когерентные световые волны приходят в некоторую точку пространства с разностью хода 2,25 мкм. Каков результат интерференции в этой точке, если свет: а) красный ( $\lambda = 750 \text{ нм}$ ); б) зеленый ( $\lambda = 500 \text{ нм}$ )?

|                                                                   |                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Дано:</u>                                                      | <u>Решение:</u>                                                                                                                                                              |
| $\Delta d = 2,25 \text{ мкм}$<br>$= 2,25 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ | $\Delta d = \frac{\lambda}{2} k; \quad k = \frac{2 \Delta d}{\lambda};$                                                                                                      |
| $\lambda_1 = 750 \text{ нм} =$<br>$= 7,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ | $k_1 = \frac{2 \cdot 2,25 \cdot 10^{-6} \text{ м}}{7,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = 6; \quad k_2 = \frac{2 \cdot 2,25 \cdot 10^{-6} \text{ м}}{5 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = 9$ |
| $\lambda_2 = 500 \text{ нм} =$<br>$= 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$   | В первом случае разность хода $\Delta d$ равна четному числу полуволен $\rightarrow$ в этой точке происходит усиление световой волны.                                        |
| $k_1 - ?$                                                         | Во втором случае разность хода $\Delta d$ равна нечетному числу длин полуволен $\rightarrow$ в этой точке происходит ослабление световой волны.                              |
| $k_2 - ?$                                                         | Ответ: а) усиление; б) ослабление.                                                                                                                                           |

## Практическое занятие № 22

### Решение задач с профессиональной направленностью

**Тема:** Решение задач по теме «Фотоэффект»

**Цель :** закрепить умение применять формулы фотоэффекта

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

Вывести из основной формулы рабочую формулу и ответить на вопросы.

#### Задача на фотоны и фотоэффект №1

**Условие**

Найти энергию фотона  $\varepsilon$  (в Дж) для электромагнитного излучения с частотой  $\nu = 100 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ .

**Решение**

Это типичная задача на энергию фотона. Применим формулу:

$$\varepsilon = h\nu = hc/\lambda$$

Здесь  $h$  - постоянная Планка. Произведем расчет:

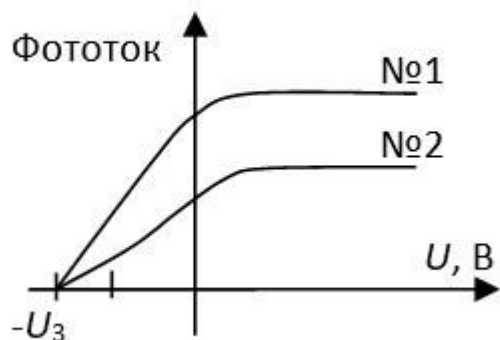
$$\varepsilon = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 100 \cdot 10^{14} = 6,63 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$$

**Ответ:**  $\varepsilon = 6,63 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$ .

#### Задача на фотоны и фотоэффект №2

**Условие**

При фиксированной частоте падающего света в опытах №1 и №2 получены вольтамперные характеристики фотоэффекта (см. рис.). Величины фототоков насыщения равны  $I_1$  и  $I_2$ , соответственно. Найти отношение числа фотоэлектронов  $N_1$  к  $N_2$  в этих двух опытах.



$$I_1 = 13,5 \text{ мкА}; I_2 = 10,6 \text{ мкА}$$

**Решение**

Вольтамперная характеристика фотоэффекта показывает зависимость тока от напряжения между электродами. При выходе тока на насыщение все фотоэлектроны, выбитые из фотокатода, попадают на анод. Таким образом, величина тока насыщения пропорциональна числу фотоэлектронов. Тогда:

$$N_1/N_2 = I_1/I_2 = 13,5/10,6 = 1,27$$

**Ответ:** 1,27.

#### Задача на фотоны и фотоэффект №3

**Условие**

На поверхность металла падают монохроматические лучи с длиной волны  $0,1 \text{ мкм}$ . Красная граница фотоэффекта  $0,3 \text{ мкм}$ . Какая доля энергии фотона расходуется на сообщение электрону кинетической энергии?

**Решение**

Энергия падающего фотона равна:

$$\varepsilon = h\nu = hc/\lambda$$

Далее для решения задачи применим уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, которое можно записать в виде:

$$hc/\lambda = hc/\lambda_0 + E_k$$

Отсюда найдем кинетическую энергию:

$$E_k = hc\lambda - hc\lambda_0 = hc\lambda_0 - \lambda\lambda_0$$

Чтобы найти искомую долю, разделим кинетическую энергию на энергию фотона:

$$W = E_k / E_{\text{фотона}} = hc\lambda_0 - \lambda\lambda_0 / hc\lambda_0 = \lambda_0 - \lambda\lambda_0 = 3 \cdot 10^{-7} - 10^{-73} \cdot 10^{-7} = 0,667$$

**Ответ:**  $W = 0,667$ .

#### **Задача на фотоны и фотоэффект №4**

##### **Условие**

Максимальная энергия фотоэлектронов, вылетающих из металла при его освещении лучами с длиной волны 325 нм, равна  $T_{\text{max}} = 2,3 \cdot 10^{-19}$  Дж. Определите работу выхода и красную границу фотоэффекта.

##### **Решение**

Формула Эйнштейна для фотоэффекта имеет вид:

$$h\nu = hc\lambda = A + T_{\text{max}}$$

Отсюда работа выхода  $A$  равна:

$$A = hc\lambda - T_{\text{max}}$$

Красная граница фотоэффекта определяется условием  $T_{\text{max}} = 0$ , поэтому получаем:

$$A = hc\lambda_0 \Rightarrow \lambda_0 = hc/A$$

Найдем:

$$A = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 2,3 \cdot 10^{-19} = 3,81 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$\lambda_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / 3,81 \cdot 10^{-19} = 520 \text{ нм}$$

**Ответ:**  $A = 3,81 \cdot 10^{-19}$  Дж;  $\lambda_0 = 520$  нм.

#### **Задача на фотоны и фотоэффект №5**

##### **Условие**

Наибольшая длина волны света  $\lambda_0$ , при которой еще может наблюдаться фотоэффект на сурьме, равна 310 нм. Найдите скорость электронов, выбитых из калия светом с длиной волны 140 нм.

##### **Решение**

Красная граница фотоэффекта определяется условием  $T_{\text{max}} = 0$ , поэтому для работы выхода получаем:

$$A = hc\lambda_0$$

Формула Эйнштейна для фотоэффекта имеет вид:

$$hc\lambda = A + T_{\text{max}}$$

Учитывая, что  $T_{\text{max}} = mv_{\text{max}}^2/2$ , определим максимальную скорость электронов при фотоэффекте:

$$v_{\text{max}} = \sqrt{2hc\lambda - 2A} / m$$

Произведем вычисления:

$$v_{\text{max}} = \sqrt{2 \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 - 2 \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / 310 \cdot 10^{-9}} / 9,1 \cdot 10^{-31} = 1,3 \cdot 10^6 \text{ м/с}$$

**Ответ:**  $1,3 \cdot 10^6$  м/с.

#### **Вопросы с ответами на тему «Фотоны и фотоэффект»**

**Вопрос 1.** В чем суть фотоэффекта?

**Ответ.** Фотоэффект — это явление «выбивания» электронов из вещества под действием света (электромагнитного излучения).

**Вопрос 2.** Что такое ток насыщения?

**Ответ.** Ток насыщения при фотоэффекте — максимальное значение фототока.

**Вопрос 3.** Что такое красная граница фотоэффекта?

**Ответ.** Это минимальная частота или максимальная длина волны света излучения, при которой еще возможен внешний фотоэффект.

**Вопрос 4.** Что такое работа выхода?

**Ответ.** Это минимальная энергия, которую надо сообщить электрону, чтобы выбить его из металла.

**Вопрос 5.** Что такое квант?

**Ответ.** Неделимая порция какой-либо величины в физике.

#### **Практическое занятие № 23**

##### **Решение задач с профессиональной направленностью**

**Тема:** Решение задач по теме «Ядерные реакции»

**Цель работы:** закрепить умение применять уравнения ядерных реакций

**Оборудование:** тетрадь, ручка



**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

Вывести из основной формулы рабочую формулу и ответить на вопросы.

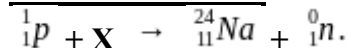
**Задача-шаблон 1.** Определить состав ядра атома алюминия  $^{27}_{13}\text{Al}$ .

**Решение:**

В ядро входят только протоны и нейтроны (*электроны в состав ядра не входят*, они входят только в состав атома), поэтому протонов  $p = 13$  (зарядовое число  $Z$ , нижнее число элемента), нейтронов  $n = A - Z$  ( $A$  – массовое число, верхнее число элемента), т.е.  $n = 27 - 13 = 14$ .

**Ответ:**  $p = 13$ ,  $n = 14$ .

**Задача-шаблон 2.** Найти неизвестный элемент  $X$  в следующей ядерной реакции:

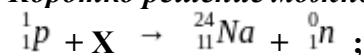


**Решение:**

В любой ядерной реакции соблюдаются законы сохранения массового и зарядового чисел, т.е. сумма верхних чисел слева должна быть равна сумме верхних чисел справа. Аналогично и для нижних чисел. Тогда вычислит атомную массу неизвестного числа  $X$ , для этого сложим атомные массы элементов справа и отнимем атомную массу известного элемента слева:  $24 + 0 - 1 = 23$  – это атомная масса неизвестного элемента. Так же вычислим зарядовое число неизвестного элемента:

$11 + 1 - 1 = 11$ . Тогда  $^{23}_{11}\text{X}$ . Чтобы определить название элемента, смотрим на нижнее зарядовое число, т.к. именно оно определяет элемент в таблице Менделеева. Под номером 11 находится изотоп натрия  $^{23}_{11}\text{Na}$ .

**Коротко решение можно записать так:**



$$A = 24 + 0 - 1 = 23;$$

$$Z = 11 + 1 - 1 = 11 \quad ^{23}_{11}\text{Na} \text{ – изотоп натрия.}$$

**Ответ:** изотоп натрия  $^{23}_{11}\text{Na}$ .

### 3. Реши задачи в рабочей тетради.

**Задача 1.** Определи состав ядер атомов серебра  $^{107}_{47}\text{Ag}$ , меди  $^{64}_{29}\text{Cu}$  и плутония  $^{244}_{94}\text{Pu}$ .

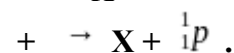
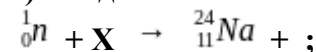
**Задача 2.** Чем отличаются ядра изотопов хлора:  $^{35}_{17}\text{Cl}$  и  $^{37}_{17}\text{Cl}$ ?

**Задача 3.** При захвате нейтрона ядром атома магния  $^{24}_{12}\text{Mg}$  образуется радиоактивный изотоп натрия  $^{24}_{11}\text{Na}$ . Запиши соответствующую реакцию и определи, какие частицы испускаются при данном ядерном превращении.

**Задача 4.** Ядро изотопа урана  $^{235}_{92}\text{U}$  захватывает нейтрон и делится на два осколка, освобождая при этом два нейтрона. Один из осколков – ядро изотопа бария  $^{139}_{56}\text{Ba}$ . Запиши соответствующую ядерную реакцию. Выясни, ядром какого изотопа является второй осколок?

### 4. ДЗ: Реши задачи.

1) Найди неизвестный элемент в следующих ядерных реакциях:



2) Ядро изотопа урана  $^{235}_{92}\text{U}$  захватывает нейтрон и делится на два осколка и четыре нейтрона. Один из осколков – ядро изотопа цезия. Запиши соответствующую ядерную реакцию. Выясни, ядром какого изотопа является второй осколок?

### Практическое занятие № 24

**Решение задач с профессиональной направленностью**

**Тема:** Решение задач по теме «Квантовая физика»

**Цель работы:** закрепить умение применять формулы по теме «Квантовая физика»

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

Вывести из основной формулы рабочую формулу и ответить на вопросы.

## Задача по квантовой физике №1

### Условие

Невозбужденный атом водорода поглощает квант излучения с длиной волны  $\lambda=102,6$  нм.

Вычислить, пользуясь теорией Бора, радиус  $r$  электронной орбиты возбужденного атома водорода.

## Решение

Уровень, на который перешел электрон, можно найти из серийной формулы для атома водорода:

$$1\lambda=R1k^2-1n^2n=1k^2-1\lambda R$$

Найдем  $n$ :

$$n = 112 - 1102,6 \cdot 10^{-9} \cdot 1,097 \cdot 10^7 - 12 = 3$$

Радиус n-ой орбиты для водорода связан с радиусом первой как  $r_n = a_1 n^2$ , так что найдем:

$$r_3 = 5,29 \cdot 10^{-11} \cdot 32 = 4,76 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

**Ответ:**  $r_3 = 4,76 \cdot 10^{-10}$  м.

## Задача по квантовой физике №2

### Условие

Оценить с помощью соотношения неопределенностей минимальную кинетическую энергию электрона, движущегося внутри сферы радиусом  $R=0,05$  нм.

## Решение

Из соотношения неопределенностей координата-импульс  $\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$  неточность в определении импульса равна:

$$\Delta p = \frac{h^2}{2mR}$$

Поскольку энергия связана с импульсом как  $E=pc$ , неточность в определении энергии равна:

$$E = \Delta p^2 / 2m = \hbar^2 / 4\pi^2 R^2 \cdot 12m$$

Найдем  $E$ :

$$E = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 2\pi \cdot 9,31 \cdot 10^{31} \cdot 25 \cdot 10^{-22} = 2,45 \cdot 10^{-18} \text{ Дж} = 15,3 \text{ эВ}$$

**Ответ:** 15,3 эВ

### Задача по квантовой физике №3

### Условие

Красная граница фотоэффекта для цинка  $\lambda_0=310$  нм. Определить максимальную кинетическую, энергию  $T_{\text{max}}$  фотоэлектронов в электрон-вольтах, если на цинк падает свет с длиной волны  $\lambda=200$  нм.

## Решение

Формула Эйнштейна для фотоэффекта имеет вид:

$$h\nu = hc/\lambda = A + T_{\max}$$

$A$  – работа выхода, связана с красной границей фотоэффекта как:

$$hc\lambda_0 = A T_{\max} = 0$$

Получаем для кинетической энергии в электронольтах:

$$T_{\max} = \frac{hc}{\lambda - \lambda_0} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19} - 13,1 \cdot 10^{-7}} = 2,2 \text{ эВ}$$

**Ответ:**  $T_{\max}=2,2$  эВ

## Задача по квантовой физике №4

### Условие

Рассчитайте скорость  $v$  и длину  $\lambda$  волны де Бройля для электрона, ускоренного разностью потенциалов  $U=1380$  В.

## Решение

Пройдя разность потенциалов, электрон приобретает кинетическую энергию, при чем  $eU = mv^2$ .

При  $U=1380$  В получим:

$$v = 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 13809,31 \cdot 10^{-31} = 22 \cdot 10^6 \text{ мс}$$

Длина волны определяется соотношением де Бройля. Учитывая, что скорость электрона соизмерима со скоростью света, формула де Бройля примет вид:

$$\lambda = h m_0 v_1 - v_2 c^2 = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 9,31 \cdot 10^{31} \cdot 22 \cdot 10^6 - 22 \cdot 10^6 \cdot 10^6 \cdot 10^8 = 33 \cdot 10^{-12} \text{ м}$$

ОТВЕТ:  $\nu=22 \cdot 10^6$  МГц;  $\lambda=33$  нм.

## Задача по квантовой физике №5

### Условие

На металл с работой выхода  $A_{\text{вых}} = 2 \text{ эВ}$  падает пучок монохроматического света с длиной волны  $\lambda = 500 \text{ нм}$ . Рассчитайте длину волны  $\lambda_{\text{max}}$ , соответствующую красной границе фотоэффекта.

#### Решение

Работа выхода электрона:

$$A_{\text{вых}} = h c \lambda_{\text{max}}$$

Отсюда длина волны, соответствующая красной границе фотоэффекта:

$$\lambda_{\text{max}} = h c A = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 1082 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 6,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

**Ответ:**  $6,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ .

Нужно больше задач по схожим темам? Вот они:

1. Задачи на фотоэффект.
2. Задачи на эффект Комптона.

#### Вопросы по теме «Квантовая физика» с ответами

**Вопрос 1.** Что такое квант?

**Ответ.** В самом общем смысле, квант – неделимая часть какой-либо величины в физике.

**Вопрос 2.** Что такое корпускулярно-волновой дуализм?

**Ответ.** Проявления микроскопическими объектами при одних условиях свойств классических волн, а при других – свойств классических частиц.

**Вопрос 3.** В чем суть гипотезы де Бройля?

**Ответ.** Гипотеза де Бройля говорит о том, что все материальные частицы обладают не только корпускулярными, но и волновыми свойствами. То есть корпускулярно-волновой дуализм универсален и является свойством как материи (микрочастиц), так и взаимодействия (излучения).

**Вопрос 4.** Что такое фотон? Каковы его свойства?

**Ответ.** Фотон – материальная, электрически нейтральная частица, квант электромагнитного поля. Свойства фотона:

- движется со скоростью света;
- существует только в движении;
- остановить фотон нельзя: он либо движется со скоростью, равной скорости света, либо не существует;
- масса покоя фотона равна нулю.

**Вопрос 5.** За какое открытие Макс Планк получил Нобелевскую премию?

**Ответ.** Планк вывел математическую закономерность, связывающую интенсивность теплового излучения с длиной волны. Она изменялась под воздействием нагрева вещества. Теория получила название квантовой и произвела революцию во всем течении развития физики.

#### Практическая работа №25

##### Решение задач с профессиональной направленностью

**Тема:** Решение задач по теме **Законы движения небесных тел**

**Цель :** закрепить знания законов движения небесных тел, совершенствовать умения решать задачи на применение законов движения небесных тел.

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

**Ход выполнения:**

Вывести из основной формулы рабочую формулу и ответить на вопросы.

**Для формирования умений обучающийся должен знать понятия:** синодический период, сидерический период, перигелий, афелий, большая полуось эллипса, световой год, астрономическая единица, парсек, эксцентриситет, горизонтальный параллакс, первая космическая скорость, вторая космическая скорость.

**Для формирования умений обучающийся должен знать законы:** Кеплера, всемирного тяготения, уточнённый третий закон Кеплера.

**В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:** практически использовать знания для решения задач на взаимосвязь синодического периода обращения планеты с сидерическим периодом, на законы Кеплера, на определение расстояний до тел Солнечной системы с помощью их горизонтальных параллаксов и радиолокационного метода, на расчет первой и второй космических скоростей.

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Уважаемые студенты, для успешного выполнения практической работы вам необходимо учесть следующую информацию:

**Конфигурациями планет** называют характерные взаимные расположения планет, Земли и Солнца. Конфигурация планет периодически повторяется. **Синодический период** – промежуток времени между двумя последовательными одноименными конфигурациями планеты. **Звёздный (или сидерический) период** – период обращения планеты вокруг Солнца по отношению к звёздам. По своей продолжительности синодический период планеты не совпадает ни с ее сидерическим периодом, ни с годом, который является звёздным периодом обращения Земли. **Формулы взаимосвязи синодического периода обращения планеты с сидерическим периодом:**

для нижних планет (Меркурий, Венера)

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{T} \quad (1)$$

для верхних планет (Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун)

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{P} \quad (2)$$

где  $S$  – синодический периода обращения планеты;

$P$  – сидерический период обращения планеты;

$T$  – сидерический период обращения Земли, равный 1 звёздному году.

**Первый закон Кеплера:** каждая планета обращается вокруг Солнца по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.

Эллипс – кривая, у которой сумма расстояний от любой точки до его фокусов есть величина постоянная. На рисунке 1 обозначены:  $O$  - центр эллипса,  $F_1$  и  $F_2$  – фокусы эллипса,  $AB$  – большая ось эллипса, ближайшая к Солнцу точка – **перигелий**, наиболее удаленная от него – **афелий**.



Рисунок 1. Свойства эллипса

Размер орбиты планеты характеризует половина большой оси и ее называют **большой полуосью**. Отличие эллипса от окружности характеризуется величиной его **эксцентриситета**:

$$e = \frac{OF_1}{OA} \quad (3)$$

где  $e$  – эксцентриситет;

$OF_1$  – фокусное расстояние;

$OA = a$  – большая полуось.

**Перигелийное расстояние** - расстояние от точки перигелия до Солнца. Оно находится из следующего выражения:

$$q = a(1 - e) \quad (4)$$

где  $q$  – перигелийное расстояние, а.е.

**Афелийное расстояние** - расстояние от точки афелия до Солнца. Оно находится из следующего выражения:

$$Q = a(1 + e) \quad (5)$$

где  $Q$  – афелийное расстояние, а.е.

**Второй закон Кеплера:** радиус - вектор планеты за равные промежутки времени описывает равные площади. Планета проходит путь от точки  $A$  до  $A'$  и от  $B$  до  $B'$  (рисунок 2) за одно и то же время. Другими словами, планета движется быстрее всего в перигелии, а медленнее всего - когда находится на наибольшем удалении (в афелии).

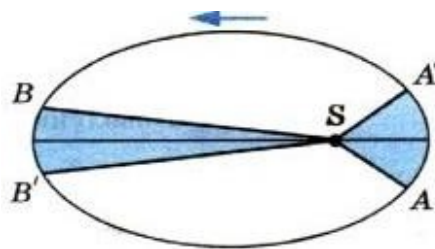


Рисунок 2. Второй закон Кеплера

**Третий закон Кеплера:** квадраты звездных периодов обращения планет относятся между собой как кубы больших полуосей их орбит. Формула, выражающая третий закон Кеплера имеет вид:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \quad (6)$$

где  $T_1$  и  $T_2$  – звёздные периоды обращения двух планет;

$a_1$  и  $a_2$  – большие полуоси их орбит.

**Большая полуось орбиты Земли составляет 1 а.е., а период обращения вокруг Солнца 1 год.**

Определение расстояний до тел Солнечной системы основано на измерении их горизонтальных параллаксов. **Горизонтальный параллакс** – угол, под которым со светила виден радиус Земли, перпендикулярный лучу зрения. Из треугольника OAS на рисунке 3 можно выразить величину – расстояние  $OS=D$ :

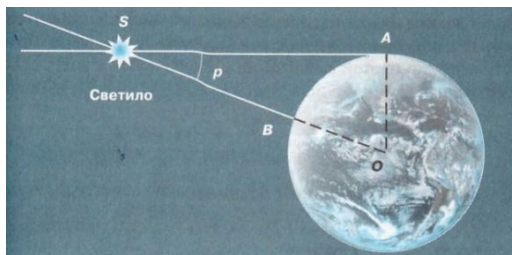


Рисунок 3. Горизонтальный параллакс светила

$$D = \frac{R}{\sin p} \quad (7)$$

где  $D$  – от центра Земли до центра какого-нибудь тела Солнечной системы;

$R$  – экваториальный радиус Земли, равный 6371 км;

$p$  – горизонтальный параллакс светила.

Для малых углов  $\sin p \approx p$ , если угол  $p$  выражен в радианах. 1 радиан = 206265". Тогда, заменяя  $\sin p$  на  $p$  и выражая угол в радианной мере, получаем формулу в виде, удобном для вычислений:

$$D = \frac{206265''}{p} \cdot R \quad (8)$$

В астрономии приняты следующие единицы измерения расстояний:

- **Световой год** (св.год) – расстояние, которое луч света проходит за 1 год.

$$1 \text{ св. год} = 3 \cdot 10^8 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ м} = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$$

- **Астрономическая единица** (а.е) – величина большой полуоси земной орбиты (среднее расстояние от Земли до Солнца).

$$1 \text{ а. е} = 149,6 \text{ млн. км} \sim 150 \text{ млн. км}$$

- **Парсек** (пк) - это расстояние, с которого отрезок длиной в одну а.е, перпендикулярный лучу зрения, виден под углом в одну угловую секунду .

$$1 \text{ ПК} = 206265 \text{ а. е} = 3,26 \text{ св. лет}$$

Во второй половине XX в. развитие радиотехники позволило определить расстояние до тел Солнечной системы посредством радиолокации. На небесное тело посылают мощный кратковременный импульс, а затем принимают отражённый сигнал. Расстояние до объекта по времени прохождения радиолокационного сигнала определяется следующим образом:

$$D = \frac{ct}{2} \quad (9)$$

где  $D$  – расстояние до объекта;

$c = 299792458 \text{ м/с} = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$  – скорость распространения радиоволн;

$t$  – время прохождения сигнала до объекта и обратно.

Более точная формула третьего закона Кеплера, которая была получена Ньютоном, даёт возможность определить одну из важнейших характеристик любого небесного тела – массу по движению их спутников, а массы двойных звёзд — по элементам их орбит. Формула, выражающая **обобщённый третий закон Кеплера**, имеет следующий вид:

$$\frac{T^2(M_2 + m_2)}{T_1^2(M_1 + m_1)} = \frac{a^3}{a_1^3} \quad (10)$$

где  $m_1, m_2$  – массы тел,

$T_1, T_2$  – сидерические периоды обращения вокруг своих центральных тел;

$M_1, M_2$  – массы центральных тел;

$a_1, a_2$  – большие полуоси орбит тел.

**Первая космическая скорость** – минимальная скорость, которую необходимо придать объекту, чтобы он совершал движение по круговой орбите вокруг планеты. Первая космическая скорость определяется следующим выражением:

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}} \quad (11)$$

где  $v_1$  – первая космическая скорость, м/с;



$G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$  – гравитационная постоянная;  $M$  – масса светила;

$R$  – радиус светила.

**Вторая космическая скорость** – наименьшая скорость, которую необходимо придать объекту, масса которого пренебрежимо мала по сравнению с массой небесного тела, для преодоления гравитационного притяжения этого небесного тела и покидания круговой орбиты вокруг него. Вторая космическая скорость определяется следующим выражением:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \quad (12)$$

где  $v_2$  – вторая космическая скорость, м/с;

## 2. АЛГОРИТМ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

**Задание к практической работе:** В зависимости от номера варианта, указанным преподавателем, решить 7 задач различного уровня сложности на законы движения небесных тел.

### 1 вариант

#### I уровень (базовый)

1. Звёздный период обращения Юпитера равен 12 годам. Через какой промежуток времени повторяются его противостояния?
2. Самый первый астероид, открытый 1 января 1801 года, был назван Церерой. Эксцентриситет орбиты Цереры равен 0,079, большая ось 5,54 а.е. Определить наибольшее расстояние ее от Солнца?
3. Определить период обращения астероида Белоруссия, если большая полуось его орбиты равна 2,4 а.е.
4. Радиолокатор зафиксировал отражённый сигнал через 0,667 с от пролетающего вблизи Земли астероида. На каком расстоянии от Земли находился в это время астероид?

#### II уровень (повышенный)

5. На каком расстоянии от Земли находится небесное тело, если его горизонтальный параллакс 2". Ответ выразить в километрах и астрономических единицах.
6. Рассчитать первую космическую скорость для Луны, если масса Луны равна  $7,35 \cdot 10^{22}$  кг, а радиус Луны 1740 км.

#### III уровень (высокий)

7. Используя формулу уточнённого Ньютоном третьего закона Кеплера, вычислить по движению Луны вокруг Земли ( $a=384000 \text{ км}=1/390 \text{ а.е.}$ ;  $T=27,3 \text{ сут}=1/13,3 \text{ года}$ ) и массе Земли ( $6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ ) массу Солнца.

**1 вариант**  
**I уровень (базовый)**

1. Каков синодический период Марса, если его звёздный период равен 1,88 земного года?
2. Вычислить наибольшее расстояние от Земли до Солнца, если большая полуось 149,6 млн км, а эксцентриситет 0,017. Ответ дать в млн. км.
3. Звёздный период обращения Юпитера вокруг Солнца составляет 12 лет. Каково среднее расстояние от Юпитера до Солнца?
4. Каково расстояние между лазерным отражателем на Луне и телескопом на Земле, если импульс возвратился через 2,43545 с?

**II уровень (повышенный)**

5. Определить расстояние от Земли до Марса во время великого противостояния, когда горизонтальный параллакс его равен 23,2". Ответ дать в миллионах километрах и световых годах.
6. Рассчитать первую космическую скорость для Земли, если масса Земли равна  $6,97 \cdot 10^{24}$  кг, а средний радиус Земли 6370 км.

**III уровень (высокий)**

7. Вычислить массу Марса в сравнении с массой Земли по движению его спутника Фобоса, для которого  $a_1=9300$  км,  $T_1=0,32$  сут. Соответствующие величины для Луны принять равными  $a_2=384000$  км,  $T_2=27,3$  сут.

**1 вариант**

**I уровень (базовый)**

1. Нижние соединения Меркурия повторяются через 116 суток. Определить сидерический период Меркурия.
2. Эксцентриситет орбиты станции «Луна-1», большая ось 1,15 а.е. Определить наибольшее расстояние ее от Солнца.
3. Период обращения малой планеты Шагал вокруг Солнца равен 5,6 года. Определить большую полуось его орбиты.
4. Сигнал, посланный радиолокатором к Венере, возвратился назад через 4 мин 36 с. На каком расстоянии в это время находилась Венера в своем нижнем соединении?

**II уровень (повышенный)**

5. Горизонтальный параллакс звезды Антарес 0,005". Определить расстояние до этой звезды в миллионах километрах и парсеках.

6. Рассчитать вторую космическую скорость для Луны, если масса Луны равна  $7,35 \cdot 10^{22}$  кг, а радиус Луны 1740 км.

### **III уровень (высокий)**

7. Определите массу Сатурна, выразив ее в массах Земли, если один из его спутников отстоит от центра планеты на 185500 км и имеет период обращения 0,94 сут. Для решения задачи сравнить обращение Сатурна вокруг Солнца с обращением Луны вокруг Земли. Массу Земли принять за единицу, период обращения Луны 27,32 сут., а среднее расстояние Луны от Земли - 384 тыс. км.

### **2 вариант**

#### **I уровень (базовый)**

1. Определить звёздный период Венеры, если ее нижние соединения повторяются через 584 суток.

2. Определить афелийное расстояние астероида Минск, если большая полуось его орбиты равна 2,88 а.е., а эксцентриситет равен 0,24.

3. Большая полуось орбиты астероида Тихов равна 2,71 а.е. За какое время этот астероид обращается вокруг Солнца?

4. Сигнал, посланный радиолокатором к Меркурию, возвратился назад через 9 мин. 8 с. На каком расстоянии в это время находился Меркурий в своем нижнем соединении?

#### **II уровень (повышенный)**

5. Параллакс Альтаира 0,2". Определить расстояние до этой звезды в миллионах километрах и световых годах.

6. Рассчитать вторую космическую скорость для Земли, если масса Земли равна  $6,97 \cdot 10^{24}$  кг, а средний радиус Земли 6370 км.

### **III уровень (высокий)**

7. Вычислить массу Юпитера, зная, что один из его спутников (Ио) совершает оборот вокруг планеты за 1,77 сут. на расстоянии 422 тыс. км от Юпитера. Для решения задачи сравнить обращение Ио вокруг Юпитера с обращением Луны вокруг Земли. Массу Земли принять за единицу, период обращения Луны 27,32 сут., а среднее расстояние Луны от Земли - 384 тыс. км.

### **3 вариант**

#### **I уровень (базовый)**

1. Каков синодический период Урана, если его звёздный период равен 84 года?

2. Определите перигелийное расстояние астероида Икар, если большая полуось его орбиты равна 160 млн. км, а эксцентриситет составляет 0,83. Ответ дать в млн. км.

3. Определить период обращения астероида Цереры вокруг Солнца, если большая ось ее орбиты равна 5,54 а.е.

4. Определить через сколько времени радиолокатор зафиксирует отражённый от поверхности Меркурия сигнал, если Меркурий находился на расстоянии 217 млн. км от поверхности Земли.

#### **II уровень (повышенный)**

5. Годичный параллакс Веги 0,11". Определить расстояние от звезды до Земли в миллионах километрах и парсеках.

6. Вычислите первую космическую скорость для Солнца. Масса Солнца  $2 \cdot 10^{30}$  кг, а диаметр Солнца  $1,4 \cdot 10^9$  м.

### **III уровень (высокий)**

7. Определить массу Урана в единицах массы Земли, сравнивая движение Луны вокруг Земли с движением спутника Урана – Титанией, обращающегося вокруг него с периодом 8,7 сут. на расстоянии 438000 км. Период обращения Луны вокруг Земли 27,32 сут., среднее расстояние ее от Земли составляет 384000 км.

**4 вариант**  
**I уровень (базовый)**

- лет?
1. Каков синодический период Нептуна, если его звёздный период равен 165 земных лет?
  2. Комета Темпеля имеет вытянутую орбиту, размер большой полуоси 2,98 а.е., эксцентриситет 0,54. Определить перигелийное расстояние.
  3. Определить большую полуось кометы Галлея, если период ее обращения вокруг Солнца 76 лет.
  4. Сигнал, посланный радиолокатором к Юпитеру, возвратился назад через 1 ч 47 мин 37 с. На каком расстоянии в это время находился Юпитер в своём верхнем соединении?

**II уровень (повышенный)**

5. Параллакс звезды равен 0,16". Определить расстояние от звезды до Земли в миллионах километрах и астрономических единицах.
6. Определить вторую космическую скорость для планеты, масса и радиус которой в 2 раза больше, чем у Земли. Масса Земли равна  $6,97 \cdot 10^{24}$  кг, а средний радиус Земли 6370 км.

**III уровень (высокий)**

7. Вычислите массу Нептуна, приняв за единицу измерения массу Земли и зная что спутник Нептуна Тритон отстаёт от центра планеты на 354 тыс. км, а период обращения его равен 5 суткам 21 часу (вычисление произвести, сопоставляя движение спутника Нептуна с движением Луны вокруг Земли) Сидерический период обращения Луны-27,3 сут., большая полуось орбиты 384 000 км.

**5 вариант**

**I уровень (базовый)**

1. Определить звёздный период обращения Сатурна, если его синодический период обращения составляет 1,035 года.
2. Большая полуось орбиты планеты Меркурий 0,387 а.е, а эксцентриситет 0,21. Определить наименьшее расстояние планеты от Солнца.
3. Большая полуось орбиты Плутона 39,472 а.е. Определить период обращения его вокруг Солнца.
4. Определить через сколько времени радиолокатор зафиксирует отражённый от поверхности Венеры сигнал, если Венера находилась на расстоянии 261 млн. км от поверхности Земли.

**II уровень (повышенный)**

5. Определить расстояние от звезды Арктур до Земли в миллионах километрах и парсеках, если параллакс равен 0,085".
6. Вычислите первую космическую скорость вблизи поверхности Марса, если радиус Марса 3400 км, а масса составляет  $6,42 \cdot 10^{23}$  кг.

**III уровень (высокий)**

7. Определите массу карликовой планеты Плутон (в массах Земли) путем сравнения системы Плутон - Харон с системой Земля - Луна, если известно, что Харон отстоит от Плутона на расстоянии 19,7 тыс. км и обращается с периодом 6,4 суток. Массы Луны, и Титана считайте пренебрежимо малыми по сравнению с массами планет.

**Практическое занятие № 26**

**Решение задач с профессиональной направленностью**

**Тема: Решение задач по теме «Определение параметров Солнечной системы»**

**Цель:** закрепить знания о структуре и размерах Солнечной системы, совершенствовать умения решать задачи на определение параметров Солнечной системы.

**Оборудование:** тетрадь, ручка

**Методические указания:** выполните задания.

### Ход выполнения:

Для формирования умений обучающийся должен знать понятия: Солнечная система, планеты земной группы, планеты - гиганты, карликовая планета, комета, астероид, метеорит, метеор, болид.

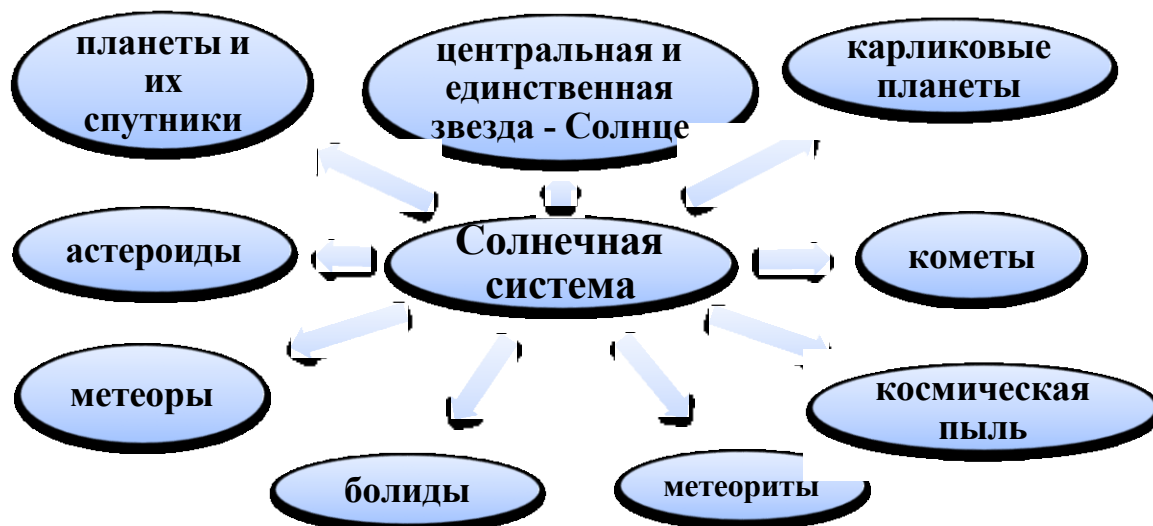
В результате выполнения работы обучающийся должен уметь: по приведенному описанию определять название объекта Солнечной системы; определять расстояние от Солнца до объекта Солнечной системы в миллионах километрах; вычислять ускорение свободного падения на поверхности небесного объекта; выбирать два верных утверждения из пяти на основе анализа изображения; вставлять верные слова (словосочетания) из приведенного списка; устанавливать соответствия между характеристиками названиями группы планет; выбирать два верных утверждения из пяти на основе анализа таблицы, содержащей характеристики Солнечной системы.

### 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Уважаемые студенты, для успешного выполнения практической работы вам необходимо учесть следующую информацию:

Солнечная система – это небесных тел, двигающихся в области преобладающего гравитационного влияния Солнца. На рисунке 1 представлена структура Солнечной системы.

Рисунок 1. Структура Солнечной системы



Все планеты Солнечной системы делятся на 2 группы: планеты земной группы и планеты – гиганты. Планеты земной группы получили название в связи с тем, что их

свойства чем-то напоминают характеристики планеты Земля (рисунок 2). Все планеты земной группы имеют твёрдую поверхность, небольшую массу и радиус, небольшую скорость обращения вокруг собственной оси, а также маленькое количество спутников или их отсутствие.



Рисунок 2. Планеты земной группы

**Меркурий** - самая маленькая планета в Солнечной системе. Она находится на самом близком расстоянии от Солнца. Поверхность Меркурия очень напоминает лунную, и густо покрыта кратерами, большинство из которых имеют ударное происхождение. День на Меркурии равен примерно 58 земным или  $\frac{2}{3}$  меркурианского года. Температура на его поверхности изменяется от  $-180^{\circ}\text{C}$  на теневой стороне до  $450^{\circ}\text{C}$  на стороне, обращенной к Солнцу. У Меркурия практически отсутствует атмосфера. Данная планета не имеет спутников.

**Венера** – вторая по близости к Солнцу планета. Период обращения Венеры вокруг Солнца составляет 225 земных суток. Период обращения Венеры вокруг своей оси составляет 243 земных суток. Ось вращения Венеры не наклонена к ее орбите, поэтому на Венере не происходит смены времен года. Венера – самая горячая и яркая планета Солнечной системы. Средняя температура на ее поверхности составляет  $465^{\circ}\text{C}$ . Венера имеет плотную атмосферу, состоящую из углекислого газа и азота с облаками серной кислоты. Венера не имеет спутников.

**Земля** – третья по близости к Солнцу планета. Ось вращения Земли отклонена от оси орбиты на угол, равный  $23,5^{\circ}$ . Благодаря этому наклону вследствие движения Земли вокруг Солнца на Земле происходит регулярная смена времен года. Луна – единственный естественный спутник Земли.

**Марс** - последняя от Солнца планета земной группы. Марс вращается вокруг своей оси с периодом 24 ч 39 мин. Ось вращения Марса наклонена к его орбите, поэтому на Марсе есть смена времен года. Средняя температура на поверхности Марса  $-63^{\circ}\text{C}$ . Атмосфера Марса тонкая, разреженная и состоит в основном из углекислого газа. У Марса есть два спутника: Фобос и Деймос.

Вторая группа планет называется планеты-гиганты (рисунок 3). Своё название данная группа получила из-за больших размеров по сравнению с планетами земной группы.

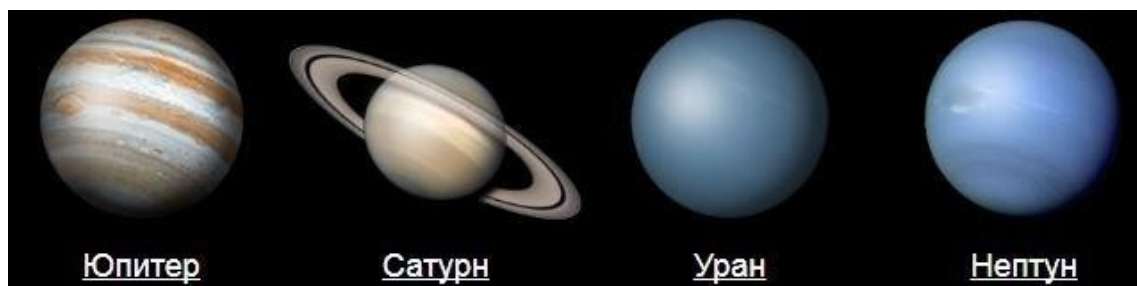


Рисунок 3. Планеты - гиганты

Важнейшая особенность строения планет-гигантов заключается в том, что эти планеты не имеют твёрдых поверхностей. Планеты –гиганты быстро вращаются вокруг своей оси, имеют множество естественных спутников и колец.

**Юпитер** – пятая планета по удаленности от Солнца. Это самая крупная планета Солнечной системы. Период обращения вокруг своей оси 9 ч 50 мин, а период обращения вокруг Солнца 11 лет 314 земных суток. Юпитер разделен на внешнюю атмосферу, состоящую из водорода и гелия, а также небольшого количества метана, водяного пара, кислорода и других веществ. Внутренняя часть планеты состоит из водорода и гелия большей плотности. На 2019 год обнаружено 79 спутников Юпитера. Самые крупные из них: Ио, Европа, Ганимед и Каллисто были открыты Г. Галилеем в 1610 году.

**Сатурн** – шестая по удалённости планета от Солнца. Период вращения Сатурна вокруг его оси равен 10 ч 12 мин. Полный оборот вокруг Солнца Сатурн делает за 29,67 суток. Сатурн в основном состоит из газов: водорода с примесью гелия, метана, аммиака и других элементов. Температура в верхних слоях атмосферы - 176 °С. Главное отличие Сатурна от других планет Солнечной системы – наличие системы колец. Его кольца не являются сплошным твердым телом, а состоят из миллиардов мельчайших частиц. На 2019 год известно 82 спутника Сатурна с подтверждённой орбитой. Самый крупный спутник – Титан имеет самую плотную атмосферу по сравнению с другими спутниками планет Солнечной системы.

**Уран** – седьмая планета по удаленности от Солнца. Период вращения Урана вокруг своей оси составляет в среднем 17 ч 14 мин. Период оборота вокруг Солнца 84,05 года. У Урана имеется очень большой наклон его оси к орбите, он почти лежит «на боку», поэтому у него есть смена времен года. Атмосфера Урана состоит в основном из водорода, гелия и этана. Там имеется небольшое количество метанового льда, поэтому Уран имеет голубой окрас. Температура в верхней части атмосферы -224 °С. На 2019 год известно 27 спутников

Урана. Самый крупный из них Титания, на котором предполагают наличие между ядром и мантией жидкого водяного океана.

**Нептун** – восьмая планета по удаленности от Солнца. Период обращения планеты вокруг Солнца 164,49 лет, а вокруг собственной оси 16 ч 07 мин. Атмосфера Нептуна состоит в основном из водорода, гелия и метана. Температура в верхних слоях атмосферы - 200°C. Ось Нептуна наклонена к его орбите, поэтому на нем происходит смена времен года, но очень медленно. У Нептуна имеется 5 колец, состоящих из органических соединений и пыли, а также 14 спутников – крупнейшие из них Тритон и Нереид.

В 2006 году Плутон, долгое время считавшаяся планетой, была исключена из списка планет и стала считаться карликовой.

**Кометы** – огромные твердые куски, состоящие из мелких камней, металлических и песчаных частиц, водяного и аммиачного льда и метана. **Астероид** – малое небесное тело диаметром более 30 м. Большинство из них движется по орбитам, расположенным между орбитами Марса и Юпитера. **Метеориты** – это тело космического происхождения, упавшее на поверхность крупного небесного объекта. **Метеоры** – видимое с земли явление, когда влетающие из межпланетной среды в земную атмосферу крошечные твердые каменные или металлические частицы сгорают в атмосфере из-за трения о воздух. **Болиды** – яркие метеоры, немного не долетевшие до земной поверхности и сгоревшие в нижних слоях атмосферы.

Масса небесного тела определяется выражением:

$$M = \frac{4}{3} \pi \rho R^3, \quad (1)$$

где М-масса небесного тела;

$\rho$  - средняя плотность;

R - радиус.

Ускорение свободного падения на небесном теле определяется выражением:

$$g = \frac{GM}{R^2}, \quad (2)$$

где g-ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$  – гравитационная постоянная;

Первая космическая скорость определяется следующим выражением:

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}} \quad (3)$$

где  $v_1$  – первая космическая скорость, м/с;



Вторая космическая скорость определяется следующим выражением:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \quad (4)$$

где  $v_2$  – вторая космическая скорость, м/с;

## 2. АЛГОРИТМ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

**Задание к практической работе:** Решить 7 задач различного уровня сложности на определение параметров Солнечной системы.

### 1 вариант

#### I уровень (базовый)

1. По приведенному описанию определить название объекта Солнечной системы.

Это небесное тело до 2006 года входило в число планет Солнечной системы, но затем было отнесено к карликовым планетам. Состоит она в основном из камня и льда. Если сравнить эту планету с Луной, то ее масса примерно в 6 раз меньше, а объем – примерно в 3 раза меньше объема Луны.

2. Определить на каком расстоянии от Солнца в миллионах километрах находится орбита Сатурна, если среднее расстояние между Сатурном и Солнцем равно 9,58 а.е.

3. Определить ускорение свободного падения на поверхности небесного объекта, если его средний радиус равен 464 км, а масса составляет  $9,4 \cdot 10^{20}$  кг.

#### II уровень (повышенный)

4. На рисунке 4 приведено схематическое изображение солнечной системы. Планеты на этом рисунке обозначены цифрами. Выберите из приведенных ниже утверждений два верных и укажите их номера.



Рисунок 4. Схематическое изображение Солнечной системы

- 1) Планетой 4 является Венера.
  - 2) Планета 5 относится к планетам - гигантам.
  - 3) Планета 3 имеет два спутника.
  - 4) Период обращения вокруг Солнца планет 7 и 8 практически одинаковы.
  - 5) Атмосфера планеты 2 состоит, в основном, из углекислого газа.
5. Прочитайте описание планеты и вставьте на место пропусков слова (словосочетания) из приведенного списка.

Являясь \_\_\_\_\_ планетой по удаленности от Солнца, Уран третий по величине в нашей Солнечной системе. Эта планета относится к \_\_\_\_\_. Атмосфера Урана состоит из \_\_\_\_\_. По орбите Уран движется, лежа на боку, с востока на запад. У Урана 27 спутников. Первые два спутника, \_\_\_\_\_, в 1787 году обнаружил Уильям Гершель, первооткрыватель Урана.

*Список слов (словосочетаний)*

|                       |                             |
|-----------------------|-----------------------------|
| седьмая               | азот, углекислый газ и вода |
| восьмая               | водород, гелий, метан       |
| планеты земной группы | планеты – гиганты           |
| Титания и Оберон      | Фобос и Деймос              |

6. Установите соответствие между характеристиками и названием группы планет.

| ХАРАКТЕРИСТИКИ                             | НАЗВАНИЕ ГРУППЫ ПЛАНЕТ   |
|--------------------------------------------|--------------------------|
| А) Большое расстояние от Солнца            | 1) Планеты земной группы |
| Б) Малая плотность                         | 2) Планеты - гиганты     |
| В) Малое число спутников или их отсутствие |                          |

**III уровень (высокий)**

7. Рассмотрите таблицу 1, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Выберите из приведенных ниже утверждений два верных и укажите их номера.

**Характеристики планет Солнечной системы**

Таблица 1

| Название планеты | Среднее расстояние от Солнца, а.е. | Диаметр в районе экватора, км | Наклон оси вращения | Период обращения вокруг Солнца | Первая космическая скорость, км/с |
|------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Меркурий         | 0,39                               | 4879                          | 0,01°               | 87,97 суток                    | 2,97                              |
| Венера           | 0,72                               | 12 104                        | 177°18'             | 224,7 суток                    | 7,25                              |
| Земля            | 1,00                               | 12 756                        | 23°27'              | 365,3 суток                    | 7,89                              |
| Марс             | 1,52                               | 6794                          | 25°11'              | 687 суток                      | 3,55                              |
| Юпитер           | 5,20                               | 142 984                       | 3°05'               | 11 лет 315 суток               | 42,1                              |
| Сатурн           | 9,58                               | 120 536                       | 26°44'              | 29 лет 168 суток               | 25,0                              |
| Уран             | 19,19                              | 51 118                        | 97°46'              | 84 года 5 суток                | 15,7                              |
| Нептун           | 30,02                              | 49 528                        | 28°48'              | 164 года 290 суток             | 17,5                              |

- 1) Объем Марса в два раза меньше объема Земли.
- 2) Вторая космическая скорость для космического корабля вблизи Сатурна составляет примерно 17,7 км/с.
- 3) Орбита Венеры находится примерно на расстоянии 160 млн. км от Солнца.
- 4) На Сатурне может наблюдаться смена времен года.
- 5) Планеты – гиганты быстрее вращаются вокруг своей оси, чем планеты земной группы.

**2 вариант**  
**I уровень (базовый)**

1. По приведенному описанию определить название объекта Солнечной системы.

Это небольшие небесные объекты, диаметры которых более 30 м, но значительно меньше размеров планет. Большинство из них вращается вокруг Солнца между орбитами Марса и Юпитера.

2. Определить на каком расстоянии от Солнца в млн. километрах находится орбита Меркурия, если среднее расстояние между Меркурием и Солнцем равно 0,39 а.е.

3. Определить ускорение свободного падения на поверхности небесного объекта, если его средний радиус равен 2634 км, а масса составляет  $1,48 \cdot 10^{23}$  кг.

**II уровень (повышенный)**

4. На рисунке 4 приведено схематическое изображение солнечной системы. Планеты на этом рисунке обозначены цифрами. Выберите из приведенных ниже утверждений два верных, и укажите их номера.

- 1) Планетой 8 является Нептун.
- 2) Планета 6 относится к планетам земной группы.
- 3) Температура на планете 5 колеблется от  $-70^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$ .
- 4) Планета 1 не имеет спутников.
- 5) Плотность планеты 7 близка к плотности Земли.

5. Прочитайте описание планеты и вставьте на место пропусков слова (словосочетания) из приведенного списка.

Венера - \_\_\_\_\_ планета по удаленности от Солнца. Она относится к \_\_\_\_\_. Год на планете длится всего около 225 земных суток. Сутки на Венере \_\_\_\_\_, чем год на планете. Атмосфера планеты состоит преимущественно из \_\_\_\_\_.

*Список слов (словосочетаний)*

|                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| вторая                | углекислый газ    |
| четвертая             | метан             |
| планеты земной группы | планеты – гиганты |
| на 18 дней дольше     | в 30 раз короче   |

6. Установите соответствие между характеристиками и названием группы планет.

| <b>ХАРАКТЕРИСТИКИ</b> | <b>НАЗВАНИЕ ГРУППЫ ПЛАНЕТ</b> |
|-----------------------|-------------------------------|
| А) Большая плотность  | 1) Планеты земной группы      |
| Б) Большие размеры    | 2) Планеты - гиганты          |
| В) Много спутников    |                               |

7. Рассмотрите таблицу 2, содержащую характеристики планет

Солнечной системы. Выберите из приведенных ниже утверждений два верных и укажите их номера.

### Характеристики планет Солнечной системы

Таблица 2

| Название планеты | Среднее расстояние от Солнца, а.е. | Диаметр в районе экватора, км | Наклон оси вращения | Период обращения вокруг Солнца | Первая космическая скорость, км/с |
|------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Меркурий         | 0,39                               | 4879                          | 0,01°               | 87,97 суток                    | 2,97                              |
| Венера           | 0,72                               | 12 104                        | 117°18′             | 224,7 суток                    | 7,25                              |
| Земля            | 1,00                               | 12 756                        | 23°27′              | 365,3 суток                    | 7,89                              |
| Марс             | 1,52                               | 6794                          | 25°11′              | 687 суток                      | 3,55                              |
| Юпитер           | 5,20                               | 142 984                       | 3°05′               | 11 лет 315 суток               | 42,1                              |
| Сатурн           | 9,58                               | 120 536                       | 26°44′              | 29 лет 168 суток               | 25,0                              |
| Уран             | 19,19                              | 51 118                        | 97°46′              | 84 года 5 суток                | 15,7                              |
| Нептун           | 30,02                              | 49 528                        | 28°48′              | 164 года 290 суток             | 17,5                              |

- 1) Орбита Меркурия находится на расстоянии примерно 58,5 млн. км от Солнца.
- 2) Вторая космическая скорость для космического корабля вблизи Венеры составляет примерно 16,6 км/с.
- 3) Планеты земной группы быстрее вращаются вокруг своей оси, чем планеты-гиганты.
- 4) На Юпитере может наблюдаться смена времен года.
- 5) Ускорение свободного падения на Марсе составляет 3,7 м/с<sup>2</sup>.

### 3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие объекты входят в состав Солнечной системы?
2. Какие планеты относятся к планетам земной группы?
3. Какие планеты относятся к планетам -гигантам?
4. Какая планета самая далекая от Солнца?
5. Какая планета Солнечной системы самая горячая?
6. Какая планета Солнечной системы самая маленькая?

## 4.ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 4.1 Основные электронные издания:

О-1. Касьянов, В. А. Физика: 10-й класс: углублённый уровень : учебник / В. А. Касьянов. — 11-е изд., стер. — Москва : Просвещение, 2023. — 480 с. — ISBN 978-5-09-103621-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/334853> (дата обращения: 22.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 4.2 Дополнительные источники:

Д-1. Дмитриева, В.Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В.Ф. Дмитриева. — 2-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2017. — 448 с.

Д-2. Дмитриева, Е.И. Физика в примерах и задачах: учебное пособие / Е.И. Дмитриева, Л.Д. Иевлева, Л.С. Костюченко. — М.: ФОРУМ ИНФРА-М, 2012. — 512 с.: ил. — (Профессиональное образование).



**ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ, ВНЕСЕННЫХ В МЕТОДИЧЕСКИЕ  
УКАЗАНИЯ**

| <b>№ изменения, дата внесения, № страницы с изменением</b>       |              |
|------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Было</b>                                                      | <b>Стало</b> |
| <b>Основание:</b><br><br><b>Подпись лица, внесшего изменения</b> |              |