

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»  
Высшая школа информационных технологий и автоматизированных систем

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

По дисциплине/междисциплинарному курсу/модулю Физика

На тему «Механика. Термодинамика. Электродинамика. Оптика»

Выполнила обучающаяся:

Абрамова Полина Александровна  
(Ф.И.О.)

Направление подготовки / специальность:

09.03.00

(код и наименование)

Курс: 2

Группа: 153319

Руководитель:

(Ф.И.О. руководителя, должность / уч. степень / звание)

Отметка о зачете

(отметка прописью)

(дата)

Руководитель

(подпись руководителя)

(инициалы, фамилия)

Архангельск 2025

## ВАРИАНТ 8

### Задача 2

**Дано:**

$$m_1 = 0,10 \text{ кг}$$

$$m_2 = 0,15 \text{ кг}$$

$$h_1 = 9,0 \text{ см} = 0,09 \text{ м}$$

**Найти:**

$$h_2$$

**Решение:**

**Решение:**

1) Используем закон сохранения энергии. При разлете шаров их потенциальная энергия на высотах  $h_1$  и  $h_2$  равна кинетической энергии, которую они приобрели при разлете.

2) Потенциальная энергия шаров на высотах:

$$E_{p1} = m_1 g h_1, E_{p2} = m_2 g h_2.$$

3) Кинетическая энергия шаров в момент разлета:

$$E_{k1} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2, E_{k2} = \frac{1}{2} m_2 v_2^2.$$

4) По закону сохранения энергии:

$$E_{k1} = E_{p1}, E_{k2} = E_{p2}.$$

5) Подставляем выражения для энергий:

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = m_1 g h_1, \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = m_2 g h_2$$

6) Упрощаем уравнения:

$$v_1^2 = 2gh_1, v_2^2 = 2gh_2.$$

7) Используем закон сохранения импульса. В начальный момент шары покоятся, поэтому суммарный импульс системы равен нулю:

$$m_1 v_1 = m_2 v_2$$

8) Подставляем выражения для скоростей:

$$m_1 \sqrt{2gh_1} = m_2 \sqrt{2gh_1}$$

9) Упрощаем уравнение:

$$m_1 \sqrt{h_1} = m_2 \sqrt{h_2}.$$

10) Решаем относительно  $h_2$ :

$$\sqrt{h_2} = \frac{m_1}{m_2} \sqrt{h_1}, h_2 =$$

11) Подставляем известные значения:

$$h_2 =$$

Ответ:  $h_2 = 4 \text{ см}$ .

### **Задание 3**

**Дано:**

$$m_1 = 1,2 \text{ кг}$$

$$R_1 = 60 \text{ см} = 0,6 \text{ м}$$

$$R_2 = 38 \text{ см} = 0,38 \text{ м}$$

$$\omega_1 = 10 \text{ рад/с}$$

$$\omega_2 = 4 \text{ рад/с}$$

$$A = 0,80 \text{ Дж}$$

**Найти:**

$m_2$

**Решение:**

1) Моменты инерции дисков относительно оси вращения:

$$I_1 = \frac{1}{2} m_1 R_1^2, I_2 = \frac{1}{2} m_2 R_2^2$$

2) По закону сохранения момента импульса:

$$I_1 \omega_1 + I_2 \omega_2 = (I_1 + I_2) \omega$$

3) Работа сил трения равна изменению кинетической энергии системы:

$$A = \Delta E_k = \frac{1}{2} I_1 \omega_1^2 + \frac{1}{2} I_2 \omega_2^2 - \frac{1}{2} (I_1 + I_2) \omega^2.$$

4) Подставляем выражения для моментов инерции:

$$I_1 = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot (0,6)^2 = 0,216 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

$$I_2 = \frac{1}{2} m_2 (0,38)^2 = 0,0722 m_2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

5) Подставляем в закон сохранения момента импульса:

$$0,216 \cdot 10 + 0,0722 m_2 \cdot 4 = (0,216 + 0,0722 m_2) \omega.$$

6) Упрощаем уравнение:

$$2,16 + 0,2888 m_2 = (0,216 + 0,0722 m_2) \omega.$$

7) Подставляем в выражение для работы сил трения:

$$0,80 = \frac{1}{2} \cdot 0,216 \cdot 10^2 + \frac{1}{2} \cdot 0,0722m_2 \cdot 4^2 - \frac{1}{2}(0,216 + 0,0722m_2)\omega^2.$$

8) Упрощаем уравнение:

$$0,80 = 10,8 + 0,5776m_2 - \frac{1}{2}(0,216 + 0,0722m_2)\omega^2.$$

9) Решаем систему уравнений для нахождения  $m_2$  и  $\omega$ .

$$m_2 = \frac{-19784}{1083}$$
$$m_2 \approx -18,26777$$

**Ответ:**  $m_2 \approx -18,26777$

#### Задание 4

**Дано:**

$$N=5,0 \text{ кВт} = 5000 \text{ Вт}$$

$$t=36 \text{ с}$$

$$V=0,45 \text{ м}^3$$

$$\rho=2,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$\eta=0,65$$

**Решение:**

1) Найдем массу бетонного раствора:

$$m = \rho V = 2,0 \cdot 10^3 \cdot 0,45 = 900 \text{ кг.}$$

2) Работа, совершаемая лебедкой, равна изменению потенциальной энергии емкости с раствором:

$$A = mgh.$$

3) Мощность лебедки связана с работой и временем:

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

4) Учитывая коэффициент полезного действия  $\eta$ , полезная мощность лебедки:

$$N_{\text{полезная}} = \eta N.$$

5) Подставляем выражение для работы:

$$N_{\text{полезная}} = \frac{mgh}{t}.$$

6) Решаем уравнение относительно  $h$ :

$$h = \frac{N_{\text{полезная}} t}{mg} = \frac{\eta N t}{mg}.$$

7) Подставляем известные значения:

$$h = \frac{0,65 \cdot 5000 \cdot 36}{900 \cdot 10} = \frac{117000}{9000} = 13 \text{ м.}$$

**Ответ:** Высота  $h=13\text{м.}$

## Задача 5

**Дано:**

Газ: криптон

$$p=120\text{кПа} = 120\cdot 10^3\text{Па}$$

$$T=280\text{ К}$$

$$\rho=3,74\text{ кг/м}^3$$

**Найти:**

уд

**Решение:**

1) Удельные теплоемкости  $c_V$  и  $c_P$  связаны с молярными теплоемкостями  $C_V$  и  $C_P$  следующим образом:

$$c_V = \frac{C_V}{M}, \quad c_P = \frac{C_P}{M},$$

2) Для одноатомного идеального газа:

$$C_V = \frac{3}{2}R, \quad C_P = \frac{5}{2}R,$$

3) где  $R=8,314\text{Дж/}(\text{моль}\cdot\text{К})$  — универсальная газовая постоянная.

Молярная масса криптона  $M=83,8\text{г/моль} = 0,0838\text{ кг/моль}$ .

4) Вычисляем удельные теплоемкости:

$$c_V = \frac{\frac{3}{2}R}{M} = \frac{\frac{3}{2} \cdot 8,314}{0,0838} \approx 149$$

$$c_P = \frac{\frac{5}{2}R}{M} = \frac{\frac{5}{2} \cdot 8,314}{0,0838} \approx 248$$

**Ответ:**

Удельная теплоемкость при постоянном объеме  $c_V \approx 149\text{ Дж/}(\text{кг}\cdot\text{К})$ .

Удельная теплоемкость при постоянном давлении  $c_P \approx 248\text{ Дж/}(\text{кг}\cdot\text{К})$ .

**Задача 6**

**Дано:**

Газ: криптон (Kr)

$$A=4,5 \text{ кДж} = 4500 \text{ Дж}$$

$$t_1=40^\circ \text{ C} = 313 \text{ K}$$

$$t_2=400^\circ \text{ C} = 673 \text{ K}$$

**Найти:**

$\nu$

**Решение:**

1) Для адиабатного процесса работа  $A$  связана с изменением внутренней энергии  $\Delta U$ :

$$A = \Delta U.$$

2) Изменение внутренней энергии идеального газа:

$$\Delta U = \nu C_V \Delta T,$$

где  $C_V$  — молярная теплоемкость при постоянном объеме,  $\Delta T = T_2 - T_1$

3) Для одноатомного идеального газа:

$$C_V = \frac{3}{2} R,$$

где  $R=8,314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$  — универсальная газовая постоянная.

4) Подставляем выражение для  $\Delta U$ :

$$A = \nu \cdot \frac{3}{2} R \cdot (T_2 - T_1).$$

5) Решаем уравнение относительно  $\nu$ :

$$\nu = \frac{2A}{3R(T_2 - T_1)}.$$

6) Подставляем известные значения:



$$\nu = \frac{2 \cdot 4500}{3 \cdot 8,314 \cdot (673 - 313)} = \frac{9000}{3 \cdot 8,314 \cdot 360} \approx \frac{9000}{8983,92} \approx 1,00 \text{ моль.}$$

Ответ: Количество вещества  $\nu \approx 1,00$  моль.

### Задача 7

**Дано:**

Газ: криптон

$m = 8,0$  г

$t = 140^\circ\text{C}$

### Задача 8

**Дано:**

$S = 30$  м<sup>2</sup>

$d = 32$  см

$t_1 = 3^\circ\text{C}$

$N = 0,95$  кВт

$\lambda = 0,43$  Вт/(м·К)

**Найти:**

$t_2$

**Решение:**

1) Мощность теплопередачи через стену определяется законом Фурье:

$$P = \frac{\lambda S(t_2 - t_1)}{d}$$

2) Подставляем известные решения:

$$950 = \frac{0,43 \cdot 30 \cdot (t_2 - 3)}{0,32}$$

3) Решам уравнение относительно  $t_2$

$$950 \cdot 0.32 = 12.9 \cdot (t_2 - 3)$$

$$304 = 12.9 \cdot (t_2 - 3)$$

$$t_2 - 3 = \frac{304}{12.9} \approx 23.6$$

$$t_2 \approx 23.6 + 3 = 29.6^\circ\text{C}$$

**Ответ:** температура внутренней поверхности стены  $29.6^\circ\text{C}$ .

### Задание 9

**Дано:**

$$q_1 = -15 \text{ нКл} = -15 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q_2 = 8 \text{ нКл} = 8 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$d = 5 \text{ см} = 0.05 \text{ м}$$

$$r_1 = 10 \text{ см} = 0.1 \text{ м}$$

$$r_2 = 8 \text{ см} = 0.08 \text{ м}$$

**Найти:**

**Решение:**

1) Напряженность электрического поля в точке А создается каждым из зарядов.

Напряженность поля точечного заряда  $q$  на расстоянии  $r$  равна:

$$E = \frac{k|q|}{r^2},$$

где — постоянная Кулона.

2) Напряженность полей, создаваемых зарядами  $q_1$  и  $q_2$  в точке А:

$$E_1 = \frac{k|q_1|}{r_1^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 15 \cdot 10^{-9}}{(0.10)^2} = \frac{135}{0.01} = 13500 \text{ В/м},$$

$$E_2 = \frac{k|q_2|}{r_2^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^{-9}}{(0.08)^2} = \frac{72}{0.0064} = 11250 \text{ В/м},$$

3) Направление напряженности полей:

Напряженность направлена к заряду  $q_1$  (так как  $q_1$  отрицательный)

Напряженность  $\vec{E}_2$  направлена от заряда  $q_2$  (так как  $q_2$  положительный)

4) Результирующая напряженность  $\vec{E}$  в точке А находится как векторная сумма и  $\vec{E}_2$ . Если угол между  $\vec{E}_1$  и  $\vec{E}_2$  равен  $\theta$ , то

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos\theta}.$$

Если  $\theta = 90^\circ$  (например, если заряды расположены перпендикулярно относительно точки А), то:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{13500^2 + 11250^2} \approx 17550 \text{ В/м}$$

5) Потенциал электрического поля в точке А создается каждым из зарядов. Потенциал поля точечного заряда q на расстоянии r равен:

$$\varphi = \frac{kq}{r}$$

6) Потенциалы, создаваемые зарядами  $q_1$  и  $q_2$  в точке А:

$$\varphi_1 = \frac{kq_1}{r_1} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (-15 \cdot 10^{-9})}{0,10} = -1350 \text{ В},$$

$$\varphi_2 = \frac{kq_2}{r_2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (8 \cdot 10^{-9})}{0,08} = 900 \text{ В}$$

7) Результирующий потенциал в точке А:

$$\varphi_1 + \varphi_2 = -1350 + 900 = -450 \text{ В}$$

Ответ: Напряженность электрического поля в точке А:  $E \approx 17550 \text{ В/м}$ . Потенциал электрического поля в точке А:  $\varphi = -450 \text{ В}$ .

## Задание 10

**Дано:**

$$\varepsilon = 2 \text{ В}$$

$$\varepsilon_1 = 3 \text{ В}$$

$$\varepsilon_2 = 2 \text{ В}$$

Точки подключения: AD

**Решение:**

1) Анализ цепи:

Источник  $\varepsilon$  подключен между точками A и D.

Источник  $\varepsilon_1$  подключен между точками A и B.

Источник  $\varepsilon_2$  подключен между точками C и D.

Резисторы R подключены между точками A-B, B-C, C-D

2) Обозначим токи:

$I_1$  – ток через источник  $\varepsilon_1$  (A-B)

$I_2$  – ток через источник  $\varepsilon_2$  (C-D)

$I_3$  – ток через источник  $\varepsilon$  (A-D)

$I_4$  – ток через резистор R (B-C)

3) Запишем уравнения по законам Кирхгофа:

Первый закон Кирхгофа (узлы):

$$I_3 = I_1 + I_4, \quad I_2 = I_4.$$

Второй закон Кирхгофа (контуры):

Контур A-B-C-D-A:

$$\varepsilon_1 - I_1 r - I_4 R - \varepsilon_2 + I_2 r = 0.$$

Контур A-D-C-B-A:

$$\varepsilon - I_3 r - I_4 R - \varepsilon_2 + I_2 r = 0.$$

4) Подставляем известные значения:

Уравнения:

$$3 - 2I_1 - 2I_4 - 2 + 2I_2 = 0,$$

$$2 - 2I_3 - 2I_4 - 2 + 2I_2 = 0.$$

Упрощаем:

$$1 - 2I_1 - 2I_4 + 2I_2 = 0,$$

$$0 - 2I_3 - 2I_4 + 2I_2 = 0.$$

5) Решаем систему уравнений:

Из первого уравнения:

$$1 - 2I_1 - 2I_4 + 2I_2 = 0.$$

Из второго уравнения:

$$-2I_3 - 2I_4 + 2I_2 = 0.$$

Из первого закона Кирхгофа:

$$I_3 = I_1 + I_4, \quad I_2 = I_4.$$

Подставляем в уравнения:

$$1 - 2I_1 - 2I_4 + 2I_4 = 0 \Rightarrow 1 - 2I_1 = 0 \Rightarrow I_1 = 0,5 \text{ A}.$$

$$-2(I_1 + I_4) - 2I_4 + 2I_4 = 0 \Rightarrow -2I_1 - 2I_4 = 0 \Rightarrow I_4 = -I_1 = -0,5 \text{ A}.$$

$$I_2 = I_4 = -0,5 \text{ A}, \quad I_3 = I_1 + I_4 = 0,5 - 0,5 = 0 \text{ A}.$$

6) Напряжение на элементах

Напряжение на источнике  $\varepsilon$ :

$$U_\varepsilon = \varepsilon - I_3 r = 2 - 0 \cdot 2 = 2 \text{ В}.$$

Напряжение на источнике  $\varepsilon_1$ :

$$U_{\varepsilon_1} = \varepsilon_1 - I_1 r = 3 - 0,5 \cdot 2 = 2 \text{ В.}$$

Напряжение на источнике  $\varepsilon_2$ :

$$U_{\varepsilon_2} = \varepsilon_2 - I_2 r = 2 - (-0,5) \cdot 2 = 3 \text{ В}$$

Напряжение на резисторе  $R$  (B-C):

$$U_R = I_4 R = -0,5 \cdot 2 = -1 \text{ В.}$$

**Ответ:**

Сила тока через источник  $\varepsilon_1$ :  $I_1 = 0,5 \text{ А}$

Сила тока через источник  $\varepsilon_2$ :  $I_2 = -0,5 \text{ А}$

Сила тока через источник  $\varepsilon$ :  $I_3 = 0 \text{ А}$

Сила тока через резистор  $R$ :  $I_4 = -0,5 \text{ А}$

Напряжение на источнике  $\varepsilon$ :  $U_\varepsilon = 2 \text{ В}$

Напряжение на источнике  $\varepsilon_1$ :  $U_{\varepsilon_1} = 2 \text{ В}$

Напряжение на источнике  $\varepsilon_2$ :  $U_{\varepsilon_2} = 3 \text{ В}$

Напряжение на резисторе  $R$ :  $U_R = -1 \text{ В}$

### **Задача 11**

**Дано:**

$$I_1 = 70 \text{ А}$$

$$l_1 = 35 \text{ см} = 0,35 \text{ м}$$

$$l_2 = 45 \text{ см} = 0,45 \text{ м}$$

$$B = 350 \text{ мкТл} = 350 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$$

**Найти:**

$$I_2$$

**Решение:**

1) Магнитная индукция  $B$  в точке  $C$  создается каждым из проводов. Для бесконечно длинного прямого провода с током  $I$  на расстоянии  $l$  магнитная индукция равна:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi l},$$

где  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м — магнитная постоянная

2) Магнитные индукции, создаваемые проводами с токами  $I_1$  и  $I_2$  в точке  $C$ :

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi l_1}, \quad B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi l_2}.$$

3) Поскольку провода скрещены под прямым углом, магнитные индукции  $B_1$  и  $B_2$  направлены перпендикулярно друг другу. Результирующая магнитная индукция  $B$  в точке  $C$  равна:

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}.$$

4) Подставляем выражения для

$$B = \sqrt{\left(\frac{\mu_0 I_1}{2\pi l_1}\right)^2 + \left(\frac{\mu_0 I_2}{2\pi l_2}\right)^2}.$$

5) Подставляем известные значения:

$$350 \cdot 10^{-6} = \sqrt{\left(\frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 70}{2\pi \cdot 0,35}\right)^2 + \left(\frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot I_2}{2\pi \cdot 0,45}\right)^2}.$$

6) Упрощаем выражение:

$$350 \cdot 10^{-6} = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot 70}{2 \cdot 0,35}\right)^2 + \left(\frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot I_2}{2 \cdot 0,45}\right)^2},$$

$$350 \cdot 10^{-6} = \sqrt{\left(\frac{28 \cdot 10^{-7}}{0,7}\right)^2 + \left(\frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot I_2}{0,9}\right)^2},$$

$$350 \cdot 10^{-6} = \sqrt{(4 \cdot 10^{-6})^2 + \left(\frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot I_2}{0,9}\right)^2}.$$

7) Возводим обе части уравнения в квадрат:

$$(350 \cdot 10^{-6})^2 = (4 \cdot 10^{-6})^2 + \left(\frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot I_2}{0,9}\right)^2,$$

$$1,225 \cdot 10^{-7} = 1,6 \cdot 10^{-11} + \left(\frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot I_2}{0,9}\right)^2.$$

8) выражаем  $I_2$ :

$$\left(\frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot I_2}{0,9}\right)^2 = 1,225 \cdot 10^{-7} - 1,6 \cdot 10^{-11} \approx 1,225 \cdot 10^{-7},$$

$$\frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot I_2}{0,9} = \sqrt{1,225 \cdot 10^{-7}} \approx 1,106 \cdot 10^{-3},$$

$$I_2 = \frac{1,106 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9}{4 \cdot 10^{-7}} \approx 248,85 \text{ A}.$$

Ответ: Ток  $I_2 \approx 248,58 \text{ A}$

## Задача 12

**Дано:**

$$L = 125 \text{ см}$$

$$K = 110 \text{ Н/м}$$

$$I = 14 \text{ A}$$

$$\alpha = 35^\circ$$



$$\Delta l = 8 \text{ мм} = 0,008 \text{ м}$$

$$S = 12 \text{ мм}^2 = 12,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

**Найти:**

$\rho$

**Решение:**

1) Сила тяжести проводника:

$$F_g = mg = \rho V g = \rho S l g,$$

где  $V = Sl$  – объем проводника,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения.

2) Сила Ампера, действующая на проводник в магнитном поле:

$$F_A = IlB.$$

3) Уравнение равновесия проводника:

Вертикальная составляющая силы натяжения пружин:

$$2T \cos \alpha = F_g,$$

Где  $T = k\Delta l$  – сила натяжения одной пружины. Горизонтальная составляющая силы натяжения пружин:

$$2T \sin \alpha = F_A.$$

4) Подставляем выражение для  $T$ :

$$2k\Delta l \cos \alpha = \rho S l g,$$

$$2k\Delta l \sin \alpha = IlB.$$

5) Решаем уравнение относительно  $\rho$ :

$$\rho = \frac{2k\Delta l \cos \alpha}{Slg}.$$

6) Подставляем известные значения:

$$\rho = \frac{2 \cdot 110 \cdot 0,008 \cdot \cos 35^\circ}{12,0 \cdot 10^{-6} \cdot 1,25 \cdot 9,81}.$$

7) Вычисляем  $\cos 35^\circ \approx 0,819$ :

$$\rho = \frac{2 \cdot 110 \cdot 0,008 \cdot 0,819}{12,0 \cdot 10^{-6} \cdot 1,25 \cdot 9,81} \approx \frac{1,437}{1,4715 \cdot 10^{-4}} \approx 9760 \text{ кг/м}^3.$$

Ответ плотность материала проводника  $\rho \approx 9769 \text{ кг/м}^3$

### Задача 13

**Дано:**

$$D = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$$

$$I = 15 \text{ А}$$

$$d = 2,5 \text{ мм} = 2,5 \cdot 10^{-3}$$

$$, 10^{-8} = 1,7 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

**Найти:**

$$, \text{ Тл/с}$$

**Решение:**

1) ЭДС индукции в кольце:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt},$$

Где  $\Phi = BA$  – магнитный поток,  $A = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2$  – площадь кольца.

2) Подставляем выражение для магнитного потока:

$$\mathcal{E} = -\frac{d}{dt} \left( B\pi \left( \frac{D}{2} \right)^2 \right) = -\pi \left( \frac{D}{2} \right)^2 \frac{dB}{dt}.$$

3) Сопротивление кольца:

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

Где  $l = \pi D$  – длина провода кольца,  $S = \pi \left( \frac{d}{2} \right)^2$  – площадь поперечного сечения провода.

4) Подставляем выражения для  $l$  и  $S$ :

$$R = \rho \frac{\pi D}{\pi \left( \frac{d}{2} \right)^2} = \rho \frac{4D}{d^2}.$$

5) Индукционный ток в кольце:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{-\pi \left( \frac{D}{2} \right)^2 \frac{dB}{dt}}{\rho \frac{4D}{d^2}} = -\frac{\pi D^2 d^2}{16\rho D} \frac{dB}{dt} = -\frac{\pi D d^2}{16\rho} \frac{dB}{dt}.$$

6) Решаем уравнение относительно  $\frac{dB}{dt}$

$$\frac{dB}{dt} = -\frac{16\rho I}{\pi D d^2}.$$

7) Подставляем известные значения:

$$\frac{dB}{dt} = -\frac{16 \cdot 1,70 \cdot 10^{-8} \cdot 15}{\pi \cdot 0,25 \cdot (2,5 \cdot 10^{-3})^2}.$$

8) Вычисляем:

$$\frac{dB}{dt} = -\frac{16 \cdot 1,70 \cdot 10^{-8} \cdot 15}{\pi \cdot 0,25 \cdot 6,25 \cdot 10^{-6}} \approx -\frac{4,08 \cdot 10^{-6}}{4,9087 \cdot 10^{-6}} \approx -0,831 \text{ Тл/с.}$$

Ответ: Скорость изменения магнитной индукции  $\frac{dB}{dt} \approx -0,831 \text{ Тл/с}$

#### Задача 14

**Дано:**

$$x(t) = 0,4 \cos\left(8\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$m = 8 \text{ кг}$$

$$t = 1 \text{ с}$$

**Найти:**

**Решение:**

1) Амплитуда колебаний  $A$ :

$$A = 8 \text{ м.}$$

2) Круговая частота  $\omega$ :

$$\omega = 4 \text{ рад/с.}$$

3) Частота колебаний  $f$ :

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{4}{2\pi} \approx 0,637 \text{ Гц.}$$

4) Период колебаний  $T$ :

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2} \approx 1,57 \text{ с.}$$

5) Фаза колебаний в момент времени  $t = 4\text{с}$

$$\phi = 4t + \frac{\pi}{3} = 4 \cdot 4,0 + \frac{\pi}{3} = 16 + \frac{\pi}{3} \approx 16 + 1,047 = 17,047 \text{ рад.}$$

6) Скорость тела

$$v(t) = \frac{dx}{dt} = -A\omega \sin(\omega t + \phi_0) = -8 \cdot 4 \sin(4 \cdot 4,0 + \frac{\pi}{3}) = -32 \sin(16 + \frac{\pi}{3}).$$

$$\sin(16 + \frac{\pi}{3}) \approx \sin(16 + 1,047) \approx \sin(17,047) \approx -0,961.$$

$$v(4,0) \approx -32 \cdot (-0,961) \approx 30,75 \text{ м/с.}$$

7) Ускорение тела  $a(t)$ :

$$a(t) = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \cos(\omega t + \phi_0) = -8 \cdot 4^2 \cos(4 \cdot 4,0 + \frac{\pi}{3}) = -128 \cos(16 + \frac{\pi}{3}).$$

$$\cos(16 + \frac{\pi}{3}) \approx \cos(16 + 1,047) \approx \cos(17,047) \approx -0,276.$$

$$a(4,0) \approx -128 \cdot (-0,276) \approx 35,33 \text{ м/с}^2.$$

8) Кинетическая энергия тела  $E_k(t)$ :

$$E_k(t) = \frac{1}{2}mv(t)^2 = \frac{1}{2} \cdot 8,0 \cdot (30,75)^2 \approx \frac{1}{2} \cdot 8,0 \cdot 945,56 \approx 3782,24 \text{ Дж.}$$

9) Сила, действующая на тело  $F(t)$ :

$$F(t) = ma(t) = 8,0 \cdot 35,33 \approx 282,64 \text{ Н.}$$

Ответ:

Амплитуда колебаний  $A = 8\text{м}$

Круговая частота  $\omega = 4 \text{ рад/с}$

Частота колебаний  $f \approx 0,637 \text{ Гц}$

Период колебаний  $T \approx 1,57$

Фаза колебаний в момент времени  $t = 4\text{с}$ :  $\phi \approx 17,047$  рад.

Скорость тела в момент времени  $t = 4,0\text{ с}$ :  $v \approx 30,75\text{ м/с}$

Ускорение тела в момент времени  $t = 4,0\text{ с}$ :  $a = 35,33\text{ м/с}^2$

Кинетическая энергия тела в момент времени  $t = 4.0\text{ с}$ :  $E_k \approx 3782,24\text{ Дж}$

Сила, действующая на тело в момент времени  $t = 4\text{с}$ :  $F \approx 282,64\text{ Н}$

### Задача 15

**Дано:**

$$n = 1.24$$

$$d = 0.10\text{ мкм}$$

**Найти:**

$$\lambda = \text{мкм}$$

**Решение:**

1) Условие интерференционного минимума:

$$2nd = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda,$$

Где  $m = 0, 1, 2 \dots$

2) Для минимальной толщины пленки  $d$  выбираем  $m = 0$ :

$$2nd = \frac{1}{2} \lambda$$

3) Решаем уравнение относительно  $\lambda$ :

$$\lambda = 4nd$$

4) Подставляем известные значения:

$$\lambda = 4 \cdot 1,24 \cdot 0,10 \cdot 10^{-6} = 0,496 \cdot 10^{-6}\text{ м} = 0,496\text{ мкм}$$

Ответ: Длина волны  $\lambda \approx 0,496$  мкм

### Задача 16

**Дано:**

$$N = 110 \text{ мм}^{-1} = 110 \cdot 10^3 \text{ м}^{-1}$$

$$L = 2.2 \text{ м}$$

$$V = 650 \cdot 10^{12}, \text{ Гц}$$

$$k = 3$$

**Найти:**

$x$ , см

**Решение:**

1) Длина волны света  $\lambda$ :

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

2) Подставляем известные значения:

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{650 \cdot 10^{12}} = \frac{3}{650} \cdot 10^{-4} \approx 4,615 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 461,5 \text{ нм}$$

3) Угол дифракции  $\theta$  для  $k$ -го порядка:

$$d \sin \theta = k \lambda$$

4) Подставляем выражение для  $d$ :

$$\sin \theta = \frac{k \lambda}{d} = k \lambda N$$

6) Расстояние между максимумом на экран  $x$ :

$$x = L \tan \theta \approx L \theta = L k \lambda N$$

7) Подставляем известные значения:

$$x = 2,2 \cdot 3 \cdot 461,5 \cdot 10^{-9} \cdot 110 \cdot 10^3$$

8) Вычисляем:

$$x = 2,2 \cdot 3 \cdot 461,5 \cdot 110 \cdot 10^{-6} \approx 2,2 \cdot 3 \cdot 50,765 \cdot 10^{-3} \approx 0,335 \text{ м} = 33,5 \text{ см}$$

Ответ: Расстояние между максимумами  $x \approx 33,5$

### Задача 17

**Решение:**

$$n_2 = 1.52$$

$$v_1 = 2.24 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

**Найти:**

$$\varphi, ^\circ$$

$$\gamma, ^\circ$$

$$v_2, 10^8 \text{ м/с}$$

**Решение:**

1) Скорость света в стекле  $v_2$ :

$$v_2 = \frac{c}{n_2}$$

Где  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$  – скорость света в вакууме.

2) Подставляем известные значения

$$v_2 = 3 \cdot \frac{10^8}{1,52} \approx 1,974 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$



3) Показатель преломления жидкости  $n_1$ :

$$n_1 = \frac{c}{v_1} = 3 \cdot \frac{10^8}{2,24 \cdot 10^8} \approx 1,339$$

4) Угол падения  $\theta$  и угол преломления  $\gamma$ :

$$\tan \theta_B = \frac{n_2}{n_1}$$

5) Подставляем известные значения:

$$\tan \theta_B = \frac{1,52}{1,339} \approx 1,135$$

6) Находим угол Брюстера  $\theta_B$ :

$$\theta_B = \arctan(1,135) \approx 48,6^\circ.$$

7) Угол отражения  $\phi$ :

$$\phi = \theta_B \approx 48,6^\circ.$$

Угол отражения равен углу падения:

8) Угол преломления  $\gamma$ :

$$n_1 \sin \theta_B = n_2 \sin \gamma.$$

9) Подставляем известные значения

$$1,339 \sin 48,6^\circ = 1,52 \sin \gamma.$$

10) Вычисляем  $\sin 48,6^\circ \approx 0,749$ :

$$1,339 \cdot 0,749 = 1,52 \sin \gamma,$$
$$\sin \gamma = \frac{1,339 \cdot 0,749}{1,52} \approx \frac{1,002}{1,52} \approx 0,659.$$

11) Находим угол преломления  $\gamma$ :

$$\gamma = \arcsin(0,659) \approx 41,2^\circ.$$

Ответ:

Угол отражения  $\phi \approx 48,6^\circ$ .

Угол преломления  $\gamma \approx 41,2^\circ$ .

Показатель преломления жидкости  $n_1 \approx 1,339$ .

Скорость света в стекле  $v_2 \approx 1,974 \cdot 10^8$  м/с.

### Задача 18

**Дано:**

$$R_\gamma = 5,5 \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2$$

$$M = 4,0 \cdot 10^9 \text{ кг}$$

**Найти:**

$$\lambda_m, \text{ нм}$$

$$\Phi_e, 10^{26} \text{ Вт}$$

**Решение:**

1) Длина волны  $\lambda_m$ , соответствующая максимуму спектральной плотности излучательности:

По закону смещения Вина:

$$\lambda_m T = b,$$

где  $b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$  — постоянная Вина.

2) Температура поверхности Солнца  $T$ :

Излучательность абсолютно черного тела связана с температурой по закону Стефана-Больцмана:

$$R_3 = \sigma T^4,$$

где  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К}^4)$  — постоянная Стефана-Больцмана.

Решаем уравнение относительно  $T$ :

$$T = \left( \frac{R_3}{\sigma} \right)^{1/4} = \left( \frac{5,5 \cdot 10^7}{5,67 \cdot 10^{-8}} \right)^{1/4} \approx (9,70 \cdot 10^{14})^{1/4} \approx 5,57 \cdot 10^3 \text{ К.}$$

Находим  $\lambda_m$ :

$$\lambda_m = \frac{b}{T} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{5,57 \cdot 10^3} \approx 5,20 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 520 \text{ нм.}$$

5) Поток энергии  $\Phi_e$ , излучаемый Солнцем:

$$\Phi_e = R_3 \cdot 4\pi R^2,$$

где  $R = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$  — радиус Солнца.

6) Подставляем известные значения:

$$\Phi_e = 5,5 \cdot 10^7 \cdot 4\pi (6,96 \cdot 10^8)^2 \approx 5,5 \cdot 10^7 \cdot 4\pi \cdot 4,84 \cdot 10^{17} \approx 3,34 \cdot 10^{26} \text{ Вт.}$$

7) Масса электромагнитных волн  $m$ , излучаемых Солнцем за 1 секунду:

По формуле эквивалентности массы и энергии:

$$m = \frac{\Phi_e}{c^2},$$

где  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$  — скорость света.

8) Подставляем известные значения:

$$m = \frac{3,34 \cdot 10^{26}}{(3 \cdot 10^8)^2} = \frac{3,34 \cdot 10^{26}}{9 \cdot 10^{16}} \approx 3,71 \cdot 10^9 \text{ кг.}$$

**Ответ:**

Длина волны  $\lambda_m \approx 520$  нм.

Поток энергии  $\Phi_e \approx 3,34 \cdot 10^{26}$  Вт.

Масса электромагнитных волн  $m \approx 3,71 \cdot 10^9$  кг.

### **Задача 1**

**Дано:**

$$A_1 = 9$$

$$A_2 = 1$$

$$B_1 = 1$$

$$B_2 = 12$$

$$C_1 = -12$$

$$C_2 = 5$$

**Решение:**

1) Ускорения точек:

$$a_1 = \frac{d^2 x_1}{dt^2} = 2A_1, \quad a_2 = \frac{d^2 x_2}{dt^2} = 2A_2.$$

2) Подставляем известные значения:

$$a_1 = 2 \cdot 9 = 18 \text{ м/с}^2, \quad a_2 = 2 \cdot 1 = 2 \text{ м/с}^2.$$

3) Момент времени, когда ускорения одинаковы:

Ускорения точек будут одинаковы, если  $a_1 = a_2$ :

$$18 = 2.$$

Это равенство не выполняется ни при каком  $t$ , следовательно, ускорения точек никогда не будут одинаковы.

4) Скорости точек:

Скорость — это первая производная координаты по времени:

$$v_1 = \frac{dx_1}{dt} = 2A_1t + B_1, \quad v_2 = \frac{dx_2}{dt} = 2A_2t + B_2.$$

5) Подставляем известные значения:

$$\begin{aligned} v_1 &= 2 \cdot 9 \cdot t + 1 = 18t + 1 \text{ м/с}, \\ v_2 &= 2 \cdot 1 \cdot t + 12 = 2t + 12 \text{ м/с}. \end{aligned}$$

Ответ:

Ускорения точек никогда не будут одинаковы.

Скорости точек в любой момент времени  $t$ :

$$v_1 = 18t + 1 \text{ м/с}, \quad v_2 = 2t + 12 \text{ м/с}.$$