



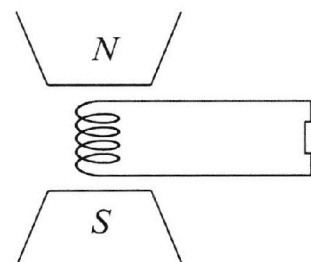
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-05

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



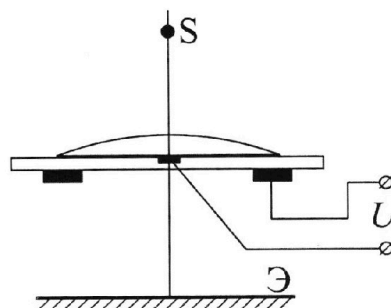
4. Катушка с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля направлены перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением R . Внешнее поле выключают в течение времени τ . За время выключения ток в катушке возрастает линейно от нуля до I_1 .



- 1) Найти скорость возрастания тока через время $\tau/3$ от начала выключения.
- 2) Найти заряд q , протекший через резистор от момента начала выключения поля до момента, когда ток через резистор станет нулевым.
- 3) Найти индуктивность L катушки.

Сопротивлением катушки и соединительных проводов пренебречь.

5. Капля электропроводящей прозрачной жидкости с показателем преломления $n = 1,4$ покоится на тонкой смачиваемой прозрачной горизонтальной диэлектрической подложке (см. рис.). Капля используется в качестве тонкой плосковыпуклой линзы для получения изображения маленького светящегося шарика-светодиода S на экране $\mathcal{E}$. Источник S можно перемещать вдоль главной оптической оси линзы. Плоскость экрана перпендикулярна оси и находится на расстоянии $b = 6$ см от линзы. Расстояние от источника до линзы значительно больше диаметра пучка света, проходящего через линзу. Если под каплей соосно расположить два электрода, так что небольшой центральный электрод непосредственно контактирует с жидкостью, а периферийный (кольцо) изолирован от неё, то можно изменять радиус R кривизны верхней поверхности линзы по линейному закону в зависимости от напряжения U , прикладываемого к электродам. Если светодиод на высоте $a_1 = 12$ см над каплей, то изображение на экране при $U_1 = 1$ В. Если светодиод на высоте $a_2 = 18$ см, то изображение на экране при напряжении $U_2 = 2$ В.



- 1) Выведите формулу для фокусного расстояния F плосковыпуклой тонкой линзы в зависимости от радиуса кривизны R и показателя преломления n .
- 2) Определите радиус кривизны R_0 капли при нулевом напряжении.
- 3) Считая, что светодиод излучает одинаковую световую мощность по всем направлениям, определите отношение средних освещённостей E_1/E_2 первого и второго изображений. Поглощением света в подложке пренебречь. Освещённость — энергия света, падающего на единицу площади в единицу времени.



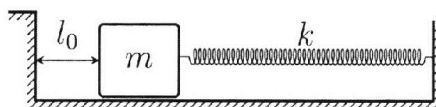
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-05

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



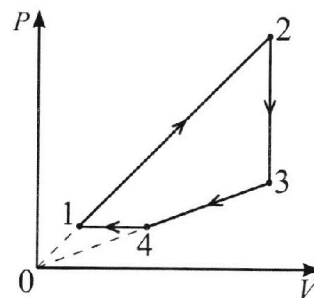
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой m прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью k . На расстоянии l_0 от тела находится вертикальный уступ, как показано на рисунке. Сжимая пружину на $11l_0/4$, тело придвигают к стене и отпускают без начальной скорости. После первого удара тела о уступ максимальное сжатие пружины оказалось $5l_0/2$. Все удары о уступ считать частично упругими, при которых отношение кинетических энергий после удара и до удара можно считать постоянным. Каждая точка тела движется вдоль одной горизонтальной прямой.



- 1) Определите скорость тела при прохождении положения равновесия перед первым ударом.
- 2) Определите величину максимального сжатия пружины после второго удара.
- 3) Сколько времени прошло между моментом отпускания тела и моментом максимального сжатия пружины после первого удара?

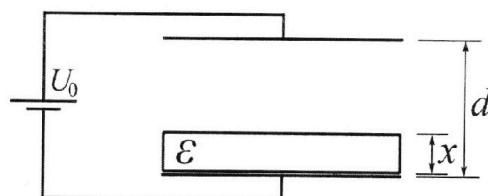
В ответе допустимы обратные тригонометрические функции.

2. Рабочим телом тепловой машины, работающей по циклу 1-2-3-4-1, является идеальный газ (см. рис.). Участки цикла 1-2 и 3-4 лежат на прямых, проходящих через начало координат, 2-3 – изохора, 4-1 – изобара. На каждом из участков 2-3 и 4-1 от газа было отведено количество теплоты Q ($Q > 0$). Молярная теплоёмкость газа в процессе 3-4 равна $C = 3R$, R – универсальная газовая постоянная. Отношение температур $T_4/T_1 = 5/2$.

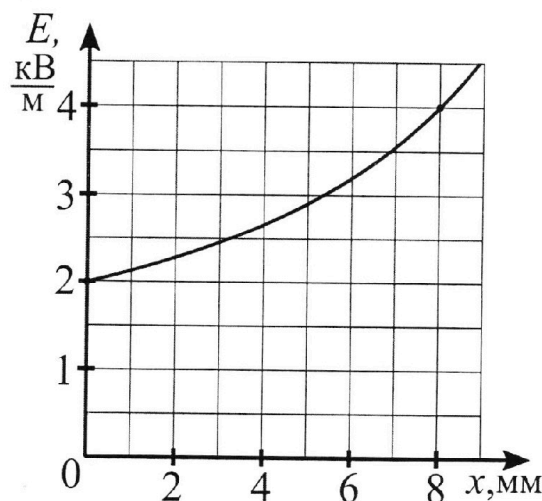


- 1) Найти молярную теплоёмкость газа в процессе 4-1.
- 2) Найти работу газа за цикл.
- 3) Найти КПД цикла.

3. Плоский конденсатор подсоединен к источнику постоянного напряжения. Расстояние между обкладками $d = 12$ мм (см. рис.). В конденсатор вставляется пластина из диэлектрика толщиной x (пластина занимает часть объема конденсатора, равную x/d). Известна часть графика зависимости напряженности электрического поля в воздушном зазоре от толщины пластины x (см. рис.). Диэлектрическую проницаемость воздуха принять равной единице.



- 1) Найти напряжение U_0 источника.
- 2) Найти диэлектрическую проницаемость ϵ диэлектрика.





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

① ЗСЭ от момента отпущения до прекращения равнов.:

$$\frac{k\left(\frac{11l_0}{4}\right)^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow v_0 = \frac{k(11l_0)^2}{16m}$$

② 1) ЗСЭ от момента отпущения до 1 удара:

$$\frac{k\left(\frac{11l_0}{4}\right)^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{kl_0^2}{2} \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = \frac{11kl_0^2}{32} - \frac{kl_0^2}{2} = \frac{65kl_0^2}{32}$$

2) Пусть k - отношение кин. энергии до удара и после $\Rightarrow$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2k} = \frac{65kl_0^2}{32}$$

3) ЗСЭ от момента ~~до~~ сразу после 1-го удара и до 2-го столкновения:

$$\frac{65kl_0^2}{32} + \frac{kl_0^2}{2} = \frac{k\left(\frac{5l_0}{2}\right)^2}{2}$$

$$\frac{65}{32} + \frac{1}{2} = \frac{25}{8}$$

$$\frac{65}{32} = \frac{21}{8} \Rightarrow 2 = \frac{65 \cdot 8}{32 \cdot 21} = \frac{5}{4}$$

③ 4) $\frac{65kl_0^2}{32}$ - кин. энергия после второго удара.

5) ЗСЭ от момента ^{сразу после} второго удара до 2-го столкновения:

$$\frac{65kl_0^2}{32} + \frac{kl_0^2}{2} = \frac{kx^2}{2}$$

$$\frac{65kl_0^2 \cdot 4}{32 \cdot 5^2} + \frac{kl_0^2}{2} = \frac{kx^2}{2}$$

$$x^2 = l_0 + \frac{21l_0^2}{5} = \frac{26l_0^2}{5} \Rightarrow x = \sqrt{\frac{26}{5}} l_0$$

③ 1) ~~До~~ до 1-го удара: $v = \dot{x}$

$$\frac{4v^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \text{const} \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

после 1-го удара: $v = -\dot{x}$

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \text{const} \Rightarrow \omega_2 = \sqrt{\frac{2k}{m}} = \sqrt{\frac{5k}{4m}}$$

график гармонич.

колебаний $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ 2) $x_1(t) = A_1 \cos(\omega_1 t + \varphi)$ (1)

$x_2(t) = A_2 \cos(\omega_2 t + \varphi)$ (2)

(1): $x_1(0) = \frac{11}{4} l_0 = A_1 \cos \varphi$

$\dot{x}_1(0) = 0 = A_1 \omega_1 \sin \varphi \Rightarrow \varphi = 0$

$\Rightarrow x_1(t) = \frac{11}{4} l_0 \cos \omega_1 t$

(2): $A_2 = \frac{5l_0}{2}$ - сжатие пружины после 1-го удара.

Колебания гармонич $\Rightarrow$ время от 1-го удара до макс $x_2(t) = \frac{5}{2} l_0$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.



СТРАНИЦА

2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

равно времени от $x_1(t) = \frac{5l_0}{2}$ до второго удара $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \dot{x}(0) = 0 = \omega A_2 \sin \varphi \Rightarrow \varphi = 0. \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x_1(t) = \frac{5l_0}{2} \cos \omega_2 t. \leftarrow \text{так как } t_0 = 0 \text{ возьмем } x_1(t) = \frac{5}{2} l_0.$$

3) $T = t_1 + t_2$ - общее время. t_1 - от отпущения до 1-го удара, t_2 - от $x_1(t) = \frac{5l_0}{2}$ до 2-го удара.

4) в момент удара $x_1(t_1) = -l_0$, $x_2(t_1) = -l_0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \begin{cases} -l_0 = \frac{11}{5} l_0 \cos \omega_1 t_1 & \Rightarrow \omega_1 t_1 = \arccos\left(-\frac{5}{11}\right) \\ -l_0 = \frac{5l_0}{2} \cos \omega_2 t_2 & \Rightarrow \omega_2 t_2 = \arccos\left(-\frac{2}{5}\right). \Rightarrow \end{cases}$$

$$\Rightarrow T = \frac{\arccos\left(-\frac{5}{11}\right)}{\omega_1} + \frac{\arccos\left(-\frac{2}{5}\right)}{\omega_2} = \sqrt{\frac{m}{k}} \left(\arccos\left(-\frac{5}{11}\right) + \sqrt{\frac{5}{2}} \arccos\left(-\frac{2}{5}\right) \right)$$

* Ответ: ① $v_0 = \frac{11 \times l_0 \sqrt{k}}{16 m}$; ② $x = \sqrt{\frac{26}{5}} l_0$; ③

③ $T = \sqrt{\frac{m}{k}} \left(\arccos\left(-\frac{5}{11}\right) + \sqrt{\frac{5}{2}} \arccos\left(-\frac{2}{5}\right) \right).$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$A = \frac{p_1 V_1 - p_1 V_1}{1} = 1,5 p_1 V_1 - 1,5 p_1 V_1 + p_3 V_2 = \frac{p_1 V_1 - p_3 V_2}{1} = 2,5 p_1 V_1 = \frac{2Q}{1(1+i)}$$

$$③ 1) \frac{p_2}{p_1} = \frac{p_1}{p_1}, \frac{p_3}{p_1} = \frac{p_1}{p_1} \Rightarrow \frac{p_3}{p_1} = \frac{V_4}{V_1} = \frac{T_4}{T_1} = 1,5.$$

$$\text{из (2) и (3): } \frac{p_3}{p_1} = \frac{T_4}{T_3} = 1,5.$$

$$2) Q_X = Q_{12} + Q_{34} + Q_{41} = 2Q + Q_{34} = 2Q + Q_{34} = 2Q + 3R(T_3 - T_4) = 2Q + 3R(T_3 - T_4).$$

$$3) \partial K T_1 = \frac{4Q}{3(1+i)} = \frac{\partial K T_4}{1,5} \Rightarrow \partial K T_4 = \frac{10Q}{3(1+i)}.$$

$$4) \partial K(T_1 - T_3) = 1,5 \partial K T_3 = \frac{2Q}{1} \Rightarrow \partial K T_3 = \frac{4Q}{3i} \text{ подставляем в } Q_X:$$

$$Q_X = 2Q + 3 \cdot \frac{4Q}{3i} - 3 \cdot \frac{10Q}{3(1+i)} = 2Q + \frac{4Q}{i} - \frac{10Q}{1+i} = 2Q + \frac{4Qi + 8Q - 10Qi}{i(1+i)} = 2Q + \frac{8Q - 6Qi}{i(1+i)}$$

$$5) \eta = \frac{A}{Q_X} = \frac{A}{Q_X + A} = \frac{\frac{2Q}{i(1+i)}}{2Q + \frac{8Q - 6Qi}{i(1+i)} + \frac{2Q}{i(1+i)}} = \frac{\frac{2}{i(1+i)}}{\frac{4i + 2i^2 + 8 - 6i + 2}{i(1+i)}} = \frac{2}{2i^2 - 2i + 10} = \frac{1}{i^2 - i + 5}.$$

$$6) Q_{34} = \partial C(T_4 - T_3) = \frac{1}{2} \partial R(T_4 - T_3) + \int_{V_2}^{V_4} p(V) dV.$$

7) процесс 3 → 4 через начало координат

$$2) \frac{p_3}{p_1} = \frac{p_3}{p_2} \Rightarrow p = \frac{p_3}{V_2} \cdot V_4 \Rightarrow$$

$$2) Q_{34} = \partial 3R(T_4 - T_3) = \frac{1}{2} \partial R(T_4 - T_3) + \int_{V_2}^{V_4} \frac{p_3}{V_2} V dV =$$

$$= \frac{1}{2} \partial R(T_4 - T_3) + \frac{p_3}{V_2} \left(\frac{V_4^2}{2} - \frac{V_2^2}{2} \right) = \frac{1}{2} \partial R(T_4 - T_3) + \frac{1}{2} (\partial K T_4 - \partial K T_3) = \frac{1}{2} \partial R(T_4 - T_3) + \frac{1}{2} (p_1 V_4 - p_3 V_2) = \frac{1}{2} \partial R(T_4 - T_3) + \frac{1}{2} (p_1 V_4 - p_1 V_4) = \frac{1}{2} \partial R(T_4 - T_3) \Rightarrow 3.$$

$$2) \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right) = 3 \Rightarrow i + 1 = 6 \Rightarrow i = 5. \Rightarrow$$

$$2) A = \frac{2Q}{5+1} = \frac{2Q}{35}$$

$$C_{уд} = \frac{5+1}{1} R = \frac{7}{1} R.$$

$$\eta = \frac{1}{25-5+5} = \frac{1}{25}$$

$$\text{Ответ: } ① C_{уд} = \frac{7}{1} R; ② A = \frac{2Q}{35}; ③ \eta = \frac{1}{25}.$$



1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

① 1) В процессе 4-1 $p = \text{const} \Rightarrow$

$$\Rightarrow A = p_1(V_1 - V_4) = p_1 V_1 - p_1 V_4$$

2) Уравнение состояния газа

где $\forall i$:

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 \quad (1)$$

$$p_1 V_2 = \nu R T_2 \quad (2)$$

$$p_3 V_2 = \nu R T_3 \quad (3)$$

$$p_1 V_4 = \nu R T_4 \quad (4)$$

3) I Начало термодинамического процесса 4-1.

$$-Q = \frac{1}{2} \nu R (T_1 - T_4) + p_1 V_1 - p_1 V_4 \stackrel{\text{из (1) и (4)}}{=} \frac{1}{2} \nu R (T_1 - T_4) + \nu R (T_1 - T_4)$$

$$-Q = \nu C_{m1} (T_1 - T_4) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C_{m1} = \frac{1}{2} R + R = \frac{3}{2} R.$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad 1) \quad Q &= \frac{1}{2} \nu R (T_4 - T_1) + \nu R (T_4 - T_1) = \frac{1}{2} \nu R \cdot (5 T_1) + \nu R T_1 = \\ &= 1,5 \nu R T_1 \cdot \frac{1+2}{2} = \frac{3(1+2)}{4} \nu R T_1 \Rightarrow \nu R T_1 = \frac{4Q}{3(1+2)} \end{aligned}$$

2) I Начало термодинамического процесса 2-3:

$$-Q = \frac{1}{2} \nu R (T_3 - T_2) \Rightarrow \nu R (T_2 - T_3) = \frac{2Q}{1}.$$

3) А газа - площадь под pV -диаграммой $p-V$ диаграммы $\Rightarrow$

$$\Rightarrow A = S_{125} - S_{435} = \frac{1}{2} (V_2 - V_1) \cdot (p_1 - p_3) = \frac{1}{2} (V_2 - V_1) \cdot (p_3 - p_1) =$$

$$= \frac{1}{2} (V_2 p_3 - V_1 p_1 - V_1 p_3 + p_1 V_1) = \frac{1}{2} (V_2 p_3 - V_1 p_3 - V_1 p_1 + p_1 V_1) =$$

4) $\frac{p_1}{V_2} = \frac{p_1}{V_1}$ и $\frac{p_3}{V_2} = \frac{p_3}{V_1}$ процесс идет через начало координат, но:

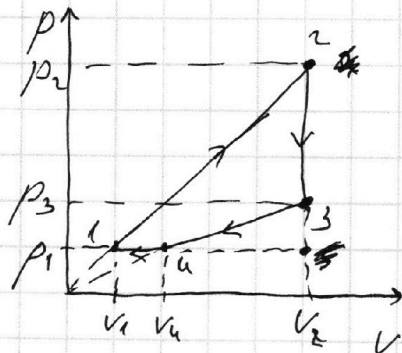
$$\Rightarrow A = \frac{(p_1 + p_3)(V_2 - V_1)}{2} - p_1(V_2 - V_1) - \frac{(p_1 + p_3)(V_2 - V_1)}{2} =$$

$$= \frac{p_1 V_2 + p_3 V_2 - p_1 V_1 - p_3 V_1}{2} - p_1(V_2 - V_1) - \frac{p_1 V_2 + p_3 V_2 - p_1 V_1 - p_3 V_1}{2} =$$

4) $\frac{p_1}{V_2} = \frac{p_1}{V_1}$ и $\frac{p_3}{V_2} = \frac{p_3}{V_1}$ процесс идет через начало координат, но: $\frac{p_1}{V_2} = \frac{p_1}{V_1}$, $\frac{p_3}{V_2} = \frac{p_3}{V_1}$

$$\Rightarrow p_1 V_1 = p_1 V_2, \quad p_3 V_1 = p_3 V_2.$$

5) $\frac{T_4}{T_1} = 2,5 \Rightarrow$ из (1) и (4): $\frac{V_4}{V_1} = 2,5$.
подставим в выражение для работы:





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☒

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

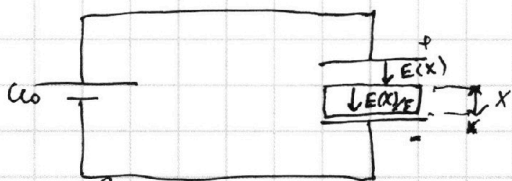
СТРАНИЦА
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

① 1) $\text{при } x = 0 \quad E_0 = 2 \frac{\text{кВ}}{\text{м}} = 2 \frac{\text{В}}{\text{см}}$

2) $U_0 = E_0 \cdot d = 2 \cdot 12 = 24 \text{ В.}$

②



2) $\frac{3L}{\epsilon} = 8 \Rightarrow \epsilon = 4$

Ответ: ① $U_0 = 24 \text{ В}$; ② $\epsilon = 4$.

1) $U_0 = E(x) \cdot (d - x) + E(x) / \epsilon \cdot x$

2) $\text{при } x = 8 \text{ см, } E(8) = 4 \frac{\text{кВ}}{\text{м}} = 4 \frac{\text{В}}{\text{см}}$

3) $24 = 4 \cdot (12 - 8) + \frac{4}{\epsilon} \cdot 8 = 16 + \frac{32}{\epsilon} \Rightarrow$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

① ток линейно возрастает от 0 до $I_1 \Rightarrow$

$$\Rightarrow I(t) = I_1 \frac{t}{\tau} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{I_1}{\tau} = \text{const} \Rightarrow \text{св. магнит. через } \frac{\tau}{3}.$$

③ 1) ток через катушку $\text{const} \Rightarrow$ (всё S_1)
 $\Rightarrow B_0 S_1 = I_1 \cdot L \Rightarrow L = \frac{B_0 S_1}{I_1}$

②

1) ток через катушку $\text{const} \Rightarrow$

$$\Rightarrow B_0 S_1 = I_1 \cdot L \Rightarrow L = \frac{B_0 S_1}{I_1}$$

② 1) $q_1 = \int_0^{\tau} I_1 \frac{t}{\tau} dt = \frac{I_1}{\tau} \frac{t^2}{2} \Big|_0^{\tau} = \frac{I_1 \tau}{2}$ - заряд,

прошедший от начала выключения до его конца.

2) $-L \frac{dI}{dt} = IR$ - равенство напряжений на катушке и резисторе ($I \downarrow$, ток течёт справа $\leftarrow$).

$$\frac{dI}{I} = -\frac{R}{L} dt \Rightarrow \ln \frac{I}{I_0} = -\frac{R}{L} t \Rightarrow I = I_0 e^{-\frac{R}{L} t}$$

3) I от I_0 до 0 $\Rightarrow t \in [0; +\infty) \Rightarrow$

$$\Rightarrow q_2 = \int_0^{+\infty} I_0 e^{-\frac{R}{L} t} dt = \frac{I_0 L}{R} e^{-\frac{R}{L} t} \Big|_0^{+\infty} = \frac{I_0 L}{R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q = q_1 + q_2 = \frac{I_1 \tau}{2} + \frac{I_1 L}{R} = I_1 \left(\frac{\tau}{2} + \frac{B_0 S_1}{I_1 R} \right)$$

Ответ: ① $\frac{dI}{dt} = \frac{I_1}{\tau}$; ② $q = \frac{I_1 \tau}{2} + \frac{B_0 S_1}{R}$;

③ $L = \frac{B_0 S_1}{I_1}$

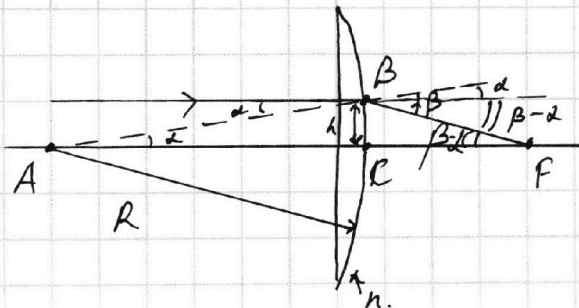
1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

СТРАНИЦА
1 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

③



- 1) параллельный луч попадет в фокус $\Rightarrow$
- 2) по закону преломления:
 $n \cdot \sin \alpha \approx \sin \beta$
 Если лучи параллельные (как в условии, т.к. расст. от линз фокус $\gg$ диаметр линзы), то

$$\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \alpha, \quad \sin \beta \approx \tan \beta \approx \beta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h \alpha \approx \beta$$

- 3) т.к. лучи параллельные $\Rightarrow$ BC перпендикулярно $\Rightarrow$

$$\Rightarrow h \approx R \sin \alpha \approx F \tan(\beta - \alpha) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R \alpha \approx F \beta - F \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F = \frac{R}{n-1}$$

$$R(u) = R(b)$$

- ② 1) По формуле тонкой линзы для u_1 :

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} = \frac{n-1}{R(u)} \Rightarrow R(u) = \frac{a_1 b (n-1)}{a_1 + b} =$$

$$= \frac{12 \cdot 6 \cdot (1,5-1)}{12+6} = \frac{12 \cdot 9}{18} = 1,6 \text{ см.}$$

аналогично:

$$R(u_1) = \frac{a_1 b (n-1)}{a_1 + b} = \frac{18 \cdot 6 (1,5-1)}{18+6} = \frac{108 \cdot 9}{24} = \frac{9 \cdot 9}{2} = 1,8 \text{ см.} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R(u) = R_0 \left(1 + \frac{u}{u_0}\right)$$

- 2) найдем $R(u_1) \approx u_1$ и $R(u_2) \approx u_2$:

$$\begin{cases} 1,6 = R_0 \left(1 + \frac{u_1}{u_0}\right) \\ 1,8 = R_0 \left(1 + \frac{u_2}{u_0}\right) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1,6 = R_0 + \frac{R_0 u_1}{u_0} \\ 1,8 = R_0 + \frac{2 R_0}{u_0} \end{cases} \quad | : 1,2$$

$$\begin{cases} 1,2 = 2 R_0 + \frac{2 R_0}{u_0} \\ 1,8 = R_0 + \frac{1 R_0}{u_0} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_0 \approx 1,6 \text{ см.}$$

- ③ 1) $P_{\text{ист}} \approx \text{const.}$

$$E \approx \frac{P_{\text{ист}}}{S \cdot t} = \frac{P}{S} - \text{освещенность.} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{S_2}{S_1}, \text{ где } S_2 \text{ и } S_1 - \text{площади поверхности.}$$

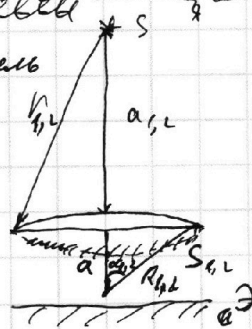
для плоской поверхности соизмеримости каналье
 в 2-м и 3-м случаях.

$$1) a \approx R \cdot \cos \alpha$$

$$S_1 \approx \pi (R_1 \sin \alpha)^2$$

$$S_2 \approx \pi (R_2 \sin \alpha)^2$$

$$3) \text{ площадь } = \int_{R_1}^{R_2} 2\pi R \sin \alpha \cdot dR =$$





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☒

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{aligned} & \sqrt[3]{\pi \left(R^2 x - \frac{x^3}{3} \right)} \Big|_{R a^2}^R = \sqrt[3]{\pi \left((R^3 - R^3 + R a^2) - \left(\frac{R^3}{3} - \frac{R^3 - 3R^2 a + 3R a^2 - a^3}{3} \right) \right)} \\ & = \sqrt[3]{\pi \left(R^2 a + R^2 a - (R a^2 + \frac{a^3}{3}) \right)} = \sqrt[3]{\pi R^3 \left(2 \cos \alpha - \cos^2 \alpha + \frac{\cos^3 \alpha}{3} \right)} \end{aligned}$$

Ответ: ① $F \sim \frac{R}{n-1}$; ② $R_0 \sim 1,4 \text{ см}$.

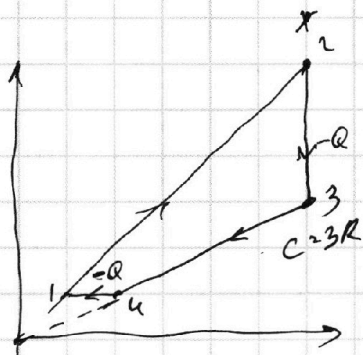


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи **отдельно**.

1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



~ 2

$$1) p_2 = \text{const} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_2 = p_1 (V_2 - V_1) = 2R(T_2 - T_1)$$

$$2Q_{12} \cdot (T_2 - T_1) = \frac{1}{2} 2R(T_2 - T_1) +$$

$$+ 2R(T_2 - T_1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C_{12} = \left(\frac{1}{2} + 1\right) R.$$

$$2) \frac{(p_1 + p_2)(V_2 - V_1)}{2} - p_1(V_2 - V_1) - \frac{(p_1 + p_2)(V_2 - V_1)}{2} =$$

$$= \frac{p_1 V_2 + p_2 V_2 - p_1 V_1 - p_2 V_1}{2} - p_1(V_2 - V_1) - \frac{-p_1 V_2 + p_2 V_2 + p_1 V_1 - p_2 V_1}{2}$$

$$= \frac{p_1 V_2 - p_1 V_1}{2} - 4.5 p_1 V_1 = \frac{-p_1 V_2 + p_2 V_2}{2} - \frac{p_1 V_2 - p_2 V_2}{2} - 4.5 p_1 V_1$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = 3.5.$$

$$\frac{p_2}{V_2} = \frac{p_1}{V_1} \Rightarrow$$

$$\cos \alpha = \frac{2}{3} \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^3 \cos \beta$$

$$(1 - \sin^2 \alpha) = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^3 (1 - \sin^2 \beta)$$

$$Q_{34} =$$

~ 3.

$$① U_0 = E_0 d. \text{ при } K = 0. E_0 = L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U_0 = 2 \frac{kB}{m} \cdot 12 \text{ мм} = 2 \frac{B}{\text{мм}} \cdot 12 \text{ мм} = 24 B$$

②

$$d\Phi = d(B_0 \cos \theta) \cdot S_1 \quad I \text{ линейно } \Rightarrow B_0$$

$$B_0 \cdot S_1 = S_1 (B(t) + B_{\text{avg}}(t)) = S_1 B(t) + I(t) \cdot L \quad I \propto \frac{t}{\tau}$$

$$\Rightarrow B_0 \cdot S_1 = S_1 (B(t) + B_{\text{avg}}(t)) = S_1 B(t) + I(t) \cdot L$$

$$S_1 \frac{\mu_0 I_1}{L} = B_{\text{avg}} S_1 \Rightarrow B = \frac{\mu_0 S_1 I_1}{L}$$

$$B(t) =$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{I_1}{\tau}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$2) I(t) \sim I_1 \frac{t}{\tau} \sim$$

$$\Rightarrow q(t) \sim \frac{I_1 t^2}{2\tau} - \text{во время возрастания}$$

$$\phi(t) \sim \oint R I \sim L \frac{dI}{dt}$$

Бос

$$\cos \frac{\pi \alpha}{4,5} = \frac{9,5}{9,9}$$

$$\int_{R-a}^R \pi (R^2 - x^2) dx \sim$$

$$\sim \pi \left(R^2 x - \frac{x^3}{3} \right) \Big|_{R-a}^R$$

$$\sim \pi \left(R^3 - R^2 a - \left(\frac{R^3}{3} - \frac{(R-a)^3}{3} \right) \right)$$

$$\sim \pi \left(R^3 - R^2 a - \left(\frac{3R^3 a + 3R^2 a^2 + a^3}{3} \right) \right)$$

$$\frac{F_1}{a_1} \sim \frac{a_1 \cdot R_1}{a_1 + R_1 \sin \alpha} \sim \frac{a_1 (1 - \cos \beta)}{a_1 + R_1 \sin \alpha} \sim \frac{a_1 (1 - \cos \beta)}{a_1 + R_1 \sin \alpha}$$

$$v_1 \cdot \sin \beta \sim v_0, \Rightarrow v_1 \sim \frac{v_0}{\sin \beta}$$

$$S_1 = a_1 \cdot R_1 \sim \frac{v_0 (1 - \cos \beta)}{2 \sin \beta}$$

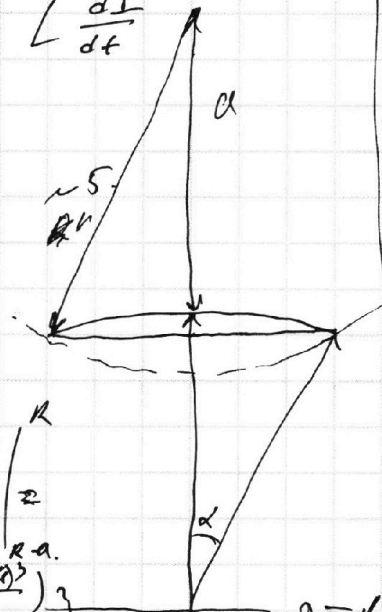
$$\frac{1}{k} \sim \frac{1}{k} \sim \frac{1}{k} \sim \frac{1}{k}$$

$$x \sim A \cos(2t + \varphi)$$

$$F_1 \sim$$

$$S_1 \sim (R_1 \cdot \sin \alpha)^2 \pi$$

$$S_2 \sim (R_1 \cdot \sin \beta)^2 \pi$$



$$\begin{aligned} & \pi (R^3 - R^3 (1 - \cos \alpha) + \\ & + R^3 (1 - \cos \alpha)^2 - R^3 (1 - \cos \alpha)^3 + \\ & + \frac{(1 - \cos \alpha)^3 R^3}{3}) \sim \\ & \sim \pi R^3 (1 - 2(1 - \cos \alpha) + \\ & + (1 - \cos \alpha)^2 + \frac{(1 - \cos \alpha)^3}{3}) \sim \\ & \sim \pi R^3 (\cos^2 \alpha + \frac{(1 - \cos \alpha)^3}{3}) \sim \\ & \sim \pi R^3 (\cos^2 \alpha + \frac{(1 - \cos \alpha)^3}{3}) \sim \\ & \sim \pi R^3 \cos^2 \alpha \sim \pi R^3 \cos^2 \beta \end{aligned}$$

$$R \sin \alpha \sim \sqrt{a_1^2 + (R \sin \alpha)^2}$$

$$R \sim \sqrt{a_1^2 + (R \sin \alpha)^2}$$

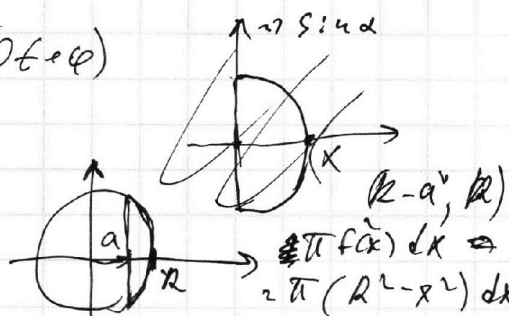
$$R \sin \alpha \sim \sqrt{a_1^2 + (R \sin \alpha)^2}$$

$$R \sim \frac{2 \pi h R}{k a R} \sim \frac{h}{k} \sim \frac{h (1 - \cos \beta)}{k}$$

$$k \sim \frac{k R}{C^2} \Rightarrow$$

$$B \sim \frac{\mu_0 I}{C}$$

$$\cos \alpha \sim \frac{b}{R_1} \sim \frac{b}{R_1}$$





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.



1



2



3



4



5



6



7

СТРАНИЦА

__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются **отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

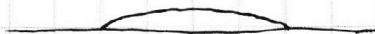
№4.

$$B_0 S_1 \approx L I_1.$$

$$I(t) \approx I_0 e^{-\frac{Rt}{L}} \approx 0 \text{ при } t \rightarrow \infty. \Rightarrow$$

$$q(t) \approx \frac{I_0 L}{R} e^{-\frac{Rt}{L}}$$

$$\text{Полная зарядка.} \Rightarrow q \approx \frac{I_0 L}{R}.$$





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

