



Олимпиада «Физтех» по физике,

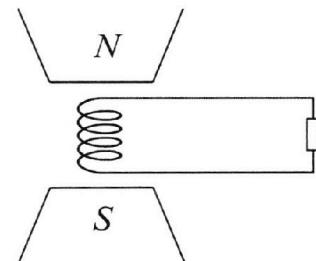
февраль 2025



Вариант 11-05

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

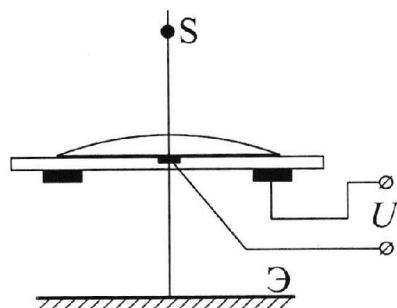
4. Катушка с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля направлены перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением R . Внешнее поле выключают в течение времени τ . 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 $n = 1,4$ покоятся 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) Выберите 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.



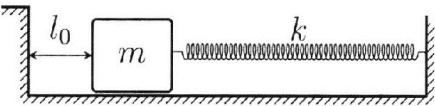
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-05



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

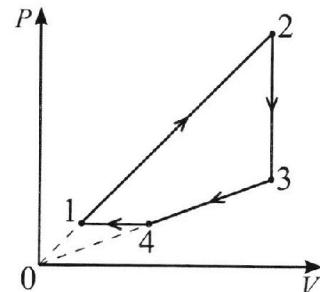
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой m прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью k . На расстоянии l_0 от тела находится вертикальный уступ, как показано на рисунке. Сжимая пружину на $11l_0/4$, тело придвигают к стене и отпускают без начальной скорости. 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?

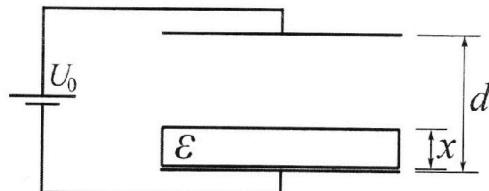
В ответе допустимы обратные тригонометрические функции.

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 $T_4/T_1 = 5/2$.

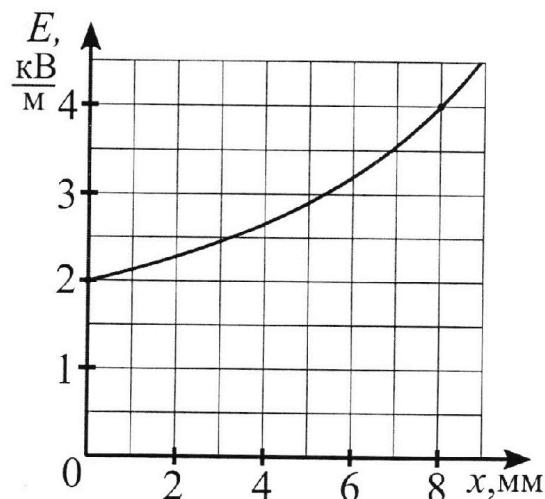


- 1) Найти молярную теплоёмкость газа в процессе 4-1.
- 2) Найти работу газа за цикл.
- 3) Найти КПД цикла.

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 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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 ЗСД от момента отпускания до прекращения работы:

$$k \left(\frac{m v_0^2}{4} \right) = \frac{m v_0^2}{2} \Rightarrow v_0 = \frac{k l o}{16 m}$$

② 1) ЗСД от момента отпускания до 1-го удара:

$$k \left(\frac{m v_0^2}{4} \right) + \frac{m v_{01}^2}{2} + \frac{k l o}{2} \Rightarrow \frac{m v_{01}^2}{2} = \frac{m k l o}{32} - \frac{k l o}{2} = \frac{105 k l o}{32}$$

2) Пусть Δ - отложение кин. энергии до удара и после:

$$\frac{m v_{01}^2}{2} = \frac{m v_{01}^2}{2} + \frac{105 k l o}{32 \Delta}$$

3) ЗСД от момента ~~законч~~ удара после 1-го удара и до 2-го удара:

$$\frac{105 k l o}{32 \Delta} + \frac{k l o}{2} = k \left(\frac{6 l o}{1} \right)$$

$$\frac{105}{32 \Delta} + \frac{1}{2} = \frac{25}{8}$$

$$\frac{105}{32 \Delta} + \frac{1}{2} = \frac{25}{8} \Rightarrow \Delta = \frac{105 \cdot 8}{32 \cdot 25} = \frac{5}{4}$$

4) $\frac{105 k l o}{32 \Delta^2}$ - кин. энергия после второго удара.

5) ЗСД от момента ^{законч} второго удара до 2-го максимума:

$$\frac{105 k l o}{32 \Delta^2} + \frac{k l o}{2} = \frac{k x^2}{1}$$

$$\frac{105 k l o \cdot 4}{32 \cdot 5^2} + \frac{k l o}{2} = \frac{k x^2}{1}$$

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

③ 1) После 1-го удара: $v = \dot{x}$

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{k x^2}{1} = \text{const} \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

после 1-го удара: $v = \dot{x}$

$$\frac{m v^2}{2} + \frac{k x^2}{1} = \text{const} \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{5k}{4m}} / \text{частота колебаний} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2) X_1(t) = A_1 \cos(\omega_1 t + \varphi) \quad (1)$$

$$X_2(t) = A_2 \cos(\omega_2 t + \varphi) \quad (2)$$

$$(1): X_1(0) = \frac{11}{4} l o = A_1 \cos \varphi \Rightarrow A_1 = \frac{11}{4} l o$$

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

$$\Rightarrow X_1(t) = \frac{11}{4} l o \cos \omega_1 t$$

$$(2): \omega_2 = \frac{5 l o}{2} - \text{сокращение пока после 1-го удара}$$

Колебание гармонич. \Rightarrow время от 1-го удара до $X_2(t) = \frac{11}{2} l o$



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 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

правко времена от $X_1(t) = \frac{5l_0}{\pi} \sin \omega_1 t$ до второго удара \Rightarrow
 $\Rightarrow X_1(0) = 0 = \omega_1 A_1 \sin \varphi \Rightarrow \varphi = 0$. \Rightarrow
 $\Rightarrow X_1(t) = \frac{5l_0}{\pi} \cos \omega_1 t$. \leftarrow ~~затухание~~ в момент $X_1(t) = \frac{5l_0}{\pi}$.

3) $T = t_1 + t_2$ - общее время. t_1 - от отпускания до 1-го удара, t_2 - от $X_1(t) = \frac{5l_0}{\pi}$ до 2-го удара.

$$\begin{aligned} & \text{в момент удара } X_1(t_1) = -l_0, X_1(t_2) = l_0 \Rightarrow \\ & \Rightarrow \begin{cases} -l_0 = \frac{\pi}{4} l_0 \cos \omega_1 t_1 \\ l_0 = \frac{\pi}{4} l_0 \cos \omega_1 t_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \omega_1 t_1 = \arccos(-\frac{4}{\pi}) \\ \omega_1 t_2 = \arccos(-\frac{4}{\pi}) \end{cases} \Rightarrow \\ & \Rightarrow T = \frac{\arccos(-\frac{4}{\pi})}{\omega_1} + \frac{\arccos(\frac{4}{\pi})}{\omega_1} = \sqrt{\frac{m}{K}} \left(\arccos(-\frac{4}{\pi}) + \sqrt{\frac{4}{\pi}} \arccos(\frac{4}{\pi}) \right) \end{aligned}$$

* Ошибки: ① $\omega_1 = \frac{12 \times l_0 \times k}{16 \pi}$; ② $X = \sqrt{\frac{26}{5}} l_0$; ③

$$③ T = \sqrt{\frac{4}{\pi}} \left(\arccos(-\frac{4}{\pi}) + \sqrt{\frac{4}{\pi}} \arccos(-\frac{2}{\pi}) \right).$$



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**.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$$A = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{1} - 1,5 p_1 V_1 - \frac{-1,5 p_1 V_1 + p_3 V_2}{2} = \frac{p_2 V_2 - p_3 V_2}{2} - \frac{Q_{23} p_1 V_1}{2}$$

$$= \frac{1}{2} (2RT_2 - 2RT_3) - \frac{3}{4} 2RT_1 = \frac{1}{2} \frac{2Q}{1} - \frac{3}{4} \cdot \frac{4}{3} \frac{Q}{1} = \frac{Q}{1} - \frac{Q}{2+i} =$$

$$= \frac{2Q}{i(2+i)}$$

$$\textcircled{3} 1) \frac{p_2}{V_2} = \frac{p_1}{V_1}, \quad \frac{p_3}{V_2} = \frac{p_1}{V_4} \Rightarrow \frac{p_3}{p_1} = \frac{V_4}{V_1} = \frac{T_4}{T_1} = 2,5.$$

$$\text{из } \textcircled{2} \text{ и } \textcircled{3}! \quad \frac{p_2}{p_3} = \frac{T_2}{T_3} = 2,5.$$

$$\textcircled{2) } Q_X = Q_{23} + Q_{34} + Q_{41} = 2Q + Q_{34} = 2Q + (T_3 - T_4) \cdot C \cdot 0 = 2Q + 3R(T_3 - T_4).$$

$$\textcircled{3) } 2RT_1 = \frac{4Q}{3(1+i)} = \frac{2RT_4}{2,5} \Rightarrow 2RT_4 = \frac{10Q}{3(1+i)}$$

$$\textcircled{4) } 2RT_2 - T_3 = 1,5 2RT_3 = \frac{2Q}{1} \Rightarrow 2RT_3 = \frac{4Q}{3}; \quad \text{получаем } b Q_X:$$

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

$$= 2Q + \frac{4Q + 8Q - 4Q}{i(1+i)} = 2Q + \frac{8Q}{i(1+i)}$$

$$\textcircled{5) } \gamma = \frac{A}{Q_X} = \frac{A}{2Q + \frac{8Q}{i(1+i)}} = \frac{\frac{2Q}{i(2+i)}}{2Q + \frac{8Q - 8Q}{i(1+i)}} = \frac{\frac{2}{i(2+i)}}{\frac{4i+2i^2+8-8i+2}{i(1+i)}} =$$

$$= \frac{2}{2i^2 - 2i + 6} = \frac{1}{i^2 - i + 5}.$$

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

з) получес 3 → 9 через канале кондиг =

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

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

$$= \frac{1}{2} 2R(T_4 - T_3) + \frac{p_3}{V_2} \left(\frac{V_4^2 - V_2^2}{2} \right) = \frac{1}{2} 2R(T_4 - T_3) + \frac{1}{2} (2RT_4 - 2RT_2) =$$

$$\textcircled{2) } \left(\frac{1}{1+i} \right) 2R(T_4 - T_3) \Rightarrow \frac{1}{1+i} \cdot 2R(T_4 - T_3) =$$

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

$$\textcircled{2) } A = \frac{2Q}{5+2} = \frac{2Q}{35} \quad C_{41} = \frac{5+2}{1} R = \frac{7}{1} R.$$

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

Ответ: $\textcircled{1) } C_{41} = \frac{7}{1} R; \textcircled{2) } A = \frac{2Q}{35}; \textcircled{3) } \gamma = \frac{1}{25}.$

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.



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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) б) проходится 4-1 $p = \text{const} \Rightarrow$

$$\rightarrow A = p_1(V_1 - V_4) = p_1V_1 - p_1V_4$$

2) Уравнение состояния газа

где $T = \frac{pV}{R}$:

$$p_1V_1 = \cancel{\frac{1}{2}RT_1} \quad (1)$$

$$p_2V_2 = \cancel{\frac{1}{2}RT_2} \quad (2)$$

$$p_3V_3 = \cancel{\frac{1}{2}RT_3} \quad (3)$$

$$p_4V_4 = \cancel{\frac{1}{2}RT_4} \quad (4)$$

3) I вариант термодинамического цикла 4-1.

$$\rightarrow -Q = \frac{1}{2} \cancel{QR(T_1 - T_4)} + p_1V_1 - p_1V_4 = \frac{1}{2} \cancel{QR(T_1 - T_4)} + QR(T_1 - T_4) \rightarrow \text{из } (1) \text{ и } (4).$$

$$-Q = \cancel{QC_{\text{ад}}(T_1 - T_4)} \Rightarrow$$

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

② 1) $Q = \frac{1}{2} QR(T_4 - T_1) + QR(T_4 - T_1) = \frac{1}{2} QR \cdot 1,5T_1 + 1,5QR T_1 =$

$$= 1,5QR T_1 \cdot \frac{1+2}{2} = \frac{3(1+2)}{4} QR T_1 \Rightarrow QR T_1 = \frac{4Q}{3(1+2)}$$

2) I вариант термодинамического цикла 2-3:

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

3) Адд. - исследовать как PV -диаграмма выглядит?

$$\Rightarrow A = S_{1235} - S_{1435} = \frac{1}{2}(V_2 - V_1)(p_2 - p_1) - \frac{1}{2}(V_4 - V_1)(p_4 - p_1) =$$

$$= \frac{1}{2}(V_2p_2 - V_1p_1 - V_4p_1 + p_1V_1) - \frac{1}{2}(V_2p_3 - V_4p_3 - V_4p_1 + p_1V_4) \text{ но } ($$

~~последний член~~ проходит через начало координат, то:

~~3) Адд. - исследовать как PV -диаграмма выглядит?~~

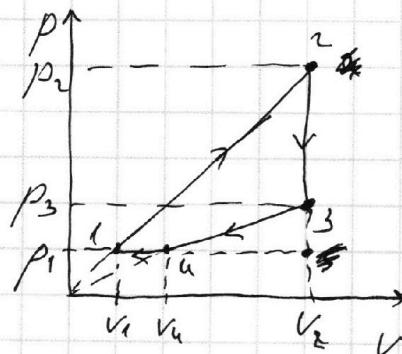
$$\Rightarrow A = \frac{(p_1 + p_2)(V_2 - V_1)}{2} - p_1(V_4 - V_1) - \frac{(p_1 + p_3)(V_2 - V_1)}{2} =$$

$$= \frac{p_1V_2 + p_2V_1 - p_1V_1 - p_2V_1}{2} - p_1(V_4 - V_1) - \frac{p_1V_2 + p_3V_1 - p_1V_1 - p_3V_1}{2},$$

4) т.к. 1 → 2 и 3 → 4 проходят через начало координат: $\frac{p_2}{V_2} = \frac{p_1}{V_1}, \frac{p_3}{V_3} = \frac{p_1}{V_1}$

$$\Rightarrow p_2V_1 = p_1V_2, p_3V_1 = p_1V_3$$

5) $\frac{T_4}{T_1} = 2,5 \Rightarrow 4$ из (1) и (4): $\frac{V_4}{V_1} = 2,5$.
использовано в дополнение к наблюдению:





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

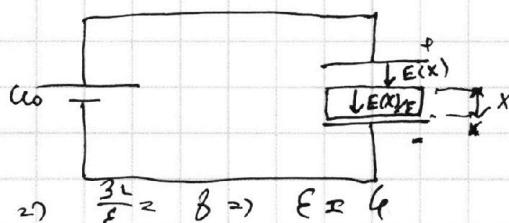
СТРАНИЦА
1 из 1

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!

$$\textcircled{1} \quad 1) \text{Число } X \geq 0 \quad E_0 = 2 \frac{kB}{m} = 2 \frac{V}{mm}.$$

$$2) U_0 = E_0 \cdot d = 2 \cdot 12 = 24 V.$$

2)



$$\Rightarrow \frac{3U}{\epsilon} = 8 \Rightarrow \epsilon = 6$$

$$1) U_0 = E(X) \cdot (d - X) + E(X)/\epsilon \cdot X^2$$

$$2) \text{Число } X = 8 \text{ милли}, \quad E(8) = 6 \frac{kB}{m} = 6 \frac{V}{mm}$$

$$3) 2U = 6 \cdot (12 - 8) + \frac{6}{\epsilon} \cdot 8 = \\ = 24 + \frac{32}{\epsilon} \Rightarrow$$

Ответ: $\textcircled{1} \quad U_0 = 24 V; \textcircled{2} \quad \epsilon = 6$.



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 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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 Так как можно воспользоваться законом Ома для $I_1 \Rightarrow$

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

$$\Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{I_1}{\tau} = \text{const} \Rightarrow I \text{ в масштабе через } \frac{\tau}{3}.$$

② ③ Дифференциальное уравнение с постоянной коэффициентом

$$\Rightarrow B_0 S_1 = I_1 \cdot L - \text{в концах} \Rightarrow L = \frac{B_0 S_1}{I_1}$$

③ 1) можно через константу $\text{const} \Rightarrow$

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

$$③ 1) q_1 = \int_0^{\tau} I_1 \frac{t}{\tau} dt = \frac{I_1}{\tau} \left[\frac{t^2}{2} \right]_0^{\tau} = \frac{I_1 \tau}{2} - \text{заряд},$$

проекционный от начала вспомогательный до его конца.

2) $-L \frac{dI}{dt} = IR$ - правило изменения напряжения на катушке с разностью (I , напряжение срабатывания $-$).

$$3) \frac{dI}{I} = -\frac{R}{L} dt \Rightarrow \ln \frac{I}{I_0} = -\frac{R}{L} t \Rightarrow I = I_0 e^{-\frac{Rt}{L}}$$

$$3) I \text{ от } t \geq 0 \Rightarrow t \in [0; +\infty) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q_2 = \int_0^{+\infty} I_1 e^{-\frac{Rt}{L}} dt = \frac{I_1 L}{R} e^{-\frac{Rt}{L}} \Big|_0^{+\infty} = \frac{I_1 L}{R}$$

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

$$\text{Daten: } ① \frac{dI}{dt} = \frac{I_1}{\tau} ; \quad ② q_2 = \frac{I_1 \tau}{2} + \frac{B_0 S_1}{R} ;$$

$$③ L = \frac{B_0 S_1}{I_1}$$

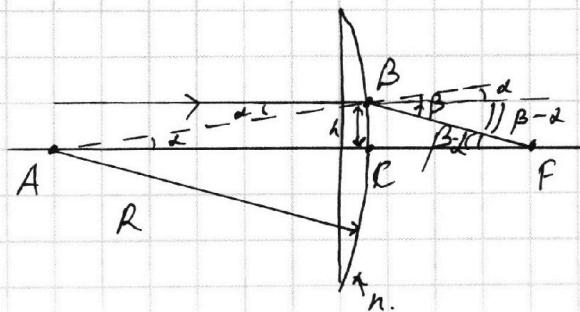
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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



$$\sin \alpha = \frac{F}{R} \approx \alpha, \quad \sin(\beta - \alpha) \approx \beta - \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h \approx R \approx \beta.$$

3) П.к. угол между \vec{F} и \vec{h} неизвестен \Rightarrow β неизвестен \Rightarrow

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

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

$$\Rightarrow F = \frac{R}{\beta - \sin \alpha}$$

8) $R(\alpha) = R(\beta) = R_0 + R_0 \alpha$

② 1) По среднему понятию $\bar{R}(\alpha)$ для α_1 :

$$\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{F_1} = \frac{h_1}{R(\alpha_1)} \Rightarrow R(\alpha_1) = \frac{a_1 b (h_1 - 1)}{a_1 + b} =$$

$$= \frac{12 \cdot 6 \cdot (14 - 1)}{12 + 6} = \frac{72 \cdot 9}{18} = 7,6 \text{ см.}$$

аналогично:

$$R(\alpha_2) = \frac{a_2 b (h_2 - 1)}{a_2 + b} = \frac{18 \cdot 6 (14 - 1)}{18 + 6} = \frac{108 \cdot 9}{24} = \frac{9 \cdot 9}{2} = 1,8 \text{ см.} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R(\alpha) = R_0 \left(1 + \frac{\alpha}{a_0} \right)$$

2) подставляем $R(\alpha_1) \approx \alpha_1$ и $R(\alpha_2) \approx \alpha_2$:

$$\begin{cases} 7,6 = R_0 \left(1 + \frac{1}{a_0} \right) \\ 1,8 = R_0 \left(1 + \frac{2}{a_0} \right) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 7,6 = R_0 + \frac{R_0}{a_0} \\ 1,8 = R_0 + \frac{2R_0}{a_0} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 7,6 = 2R_0 + \frac{R_0}{a_0} \\ 1,8 = R_0 + \frac{2R_0}{a_0} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_0 = 6,4 \text{ см.}$$

③ 1) $P_{\text{наг}} = \text{const.}$

$$E = \frac{P_{\text{наг}} \cdot t}{S \cdot t} = \frac{P}{S} - \text{однозначность.} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{S_2}{S_1}, \quad \text{где } S_2 \propto a \cdot S_1 \text{ (здесь } a \text{ - радиус сектора)}$$

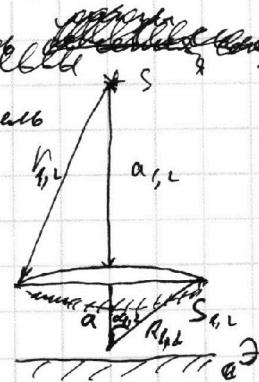
однозначно получаем соотношение радиусов секторов, т.к. $a \ll R$.

2) $a = R \cdot \cos \alpha$.

$$\Rightarrow S_1 = \pi (R_1 \sin \alpha)^2$$

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

$$\Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{\pi (R_1 \sin \alpha)^2}{\pi (R_2 \sin \alpha)^2} =$$





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!

$$\begin{aligned} & \text{1) } \bar{u} \left(R^2 x - \frac{x^3}{3} \right) \sqrt{\frac{R}{2a}} = \bar{u} \left(\left(R^3 - R^3 + R^2 a \right) - \left(\frac{R^3}{3} - \frac{R^3 - 3R^2 a + 3Ra^2 + a^3}{3} \right) \right) \\ & \text{2) } \bar{u} \left(R^2 a + R^2 a - \left(Ra^2 + a^3 \right) \right) = \bar{u} R^3 \left(2\cos 3x - \cos^2 x + \frac{\cos^2 x}{3} \right) \end{aligned}$$

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

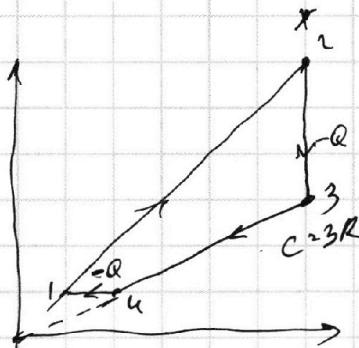


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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

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

$$\Rightarrow A = \rho_1 (V_1 - V_4) = \partial R(T_1 - T_4)$$

$$2) C_{\text{пн}} \cdot (T_1 - T_4) = \partial R T (T_1 - T_4) +$$

$$+ \partial R (T_1 - T_4) \Rightarrow$$

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

$$2) \frac{(\rho_1 + \rho_2)(V_2 - V_1)}{2} - \rho_1(V_4 - V_1) - \frac{(\rho_1 + \rho_3)(V_4 - V_1)}{2} =$$

$$= \cancel{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 - \rho_1 V_1 - \rho_2 V_2} - \cancel{\rho_1 (V_4 - V_1)} - \cancel{- \rho_1 V_4 + \rho_3 V_4 - \rho_1 V_1 + \rho_3 V_1}$$

$$= \cancel{\rho_1 V_1 - \rho_2 V_1} - 45 \rho_1 V_1 = \cancel{- \frac{\rho_1 V_4 + \rho_3 V_2}{2}} \cancel{+ \frac{\rho_1 V_2 - \rho_3 V_4}{2}} - 325 \rho_1 V_1$$

$$\frac{V_1}{V_4} \cdot \frac{T_4}{T_1} = 35.$$

$$\frac{\rho_3}{\rho_1} = \frac{\rho_6}{\rho_4} \Rightarrow \begin{cases} \cos \alpha = \left(\frac{\rho_6}{\rho_4} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \cos \beta \\ (-\sin \alpha)^2 = \left(\frac{\rho_6}{\rho_4} \right)^{\frac{1}{3}} (1 - \sin \beta) \end{cases}$$

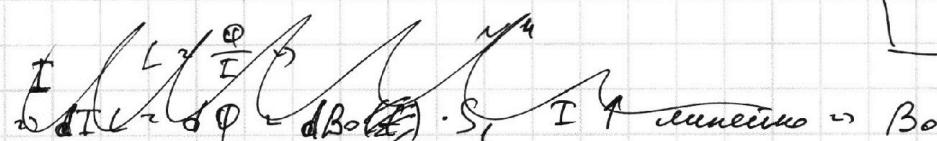
Q 36 ~

№ 3.

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

$$\Rightarrow U_0 = 2 \frac{k_B}{m} \cdot (2 \text{ м} \cdot 2 \frac{B}{m} \text{ Гц} \cdot 12 \text{ м} \cdot 24 \text{ Гц}) = 24 B^2$$

2)



$$(B(t) \cdot L) \cdot S_1 = B_0 S_1 t \quad \text{пока не изменяется} \Rightarrow I = I_1 \frac{t}{x}$$

$$\Rightarrow B_0 \cdot S_1^2 S(B(t)) = S_1 B(t) + I(t) \cdot L \quad \frac{dI}{dt} = \frac{I_1}{x}$$

$$S_1 \frac{\mu_0 I_1}{L} = B_0 S_1 \Rightarrow B_0 = \frac{\mu_0 S_1 I_1}{L}$$

$B(t) =$

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**.



- | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

$$2) I(t) = I_0 \frac{t}{\pi} \text{ при } t > 0$$

$$\Rightarrow g(t) = \frac{I_0 t^2}{2\pi} - \text{Бо бремя возврата}$$

$$g(t) \propto R I \propto L \frac{dI}{dt}$$

Бо S =

$$\cos \frac{\alpha}{4}$$

$$\frac{1}{4}, 5$$

$$94$$

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

$$= \pi \left(R^2 x - \frac{x^3}{3} \right) \Big|_a^R$$

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

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

$$\frac{dS}{dx} = (\alpha \cdot R_1 \cdot \sin \beta) \cdot \frac{R_1 (1 - \cos \beta)}{R_1 + R_1 \sin \alpha}$$

Но

$$V_1 \cdot \sin \beta = V_0, \quad V_1 = \frac{V_0}{\sin \beta}$$

$$S_1 = a_1 \cdot R_1 = \frac{V_0 (1 - \cos \beta)}{2 \sin \beta}$$

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

$$= \pi R^3 (1 - 1/(1 - \cos \alpha) + \\ + (-\cos \alpha)^3 = \frac{(\pi - \cos \alpha)^3}{3}) =$$

$$= \pi R^3 (\cos^3 \alpha - \frac{(\pi - \cos \alpha)^3}{3})$$

$$= \pi R^3 \cos^3 \alpha - \pi R^3 \cos^3 \beta =$$

$$R \sin \alpha = V_1 \cdot \sqrt{a_1^2 + (R \sin \alpha)^2}$$

$$R_1 = \sqrt{a_1^2 + (R \sin \alpha)^2}$$

$$R \sin \alpha = \sqrt{a_1^2 + R^2 \sin^2 \alpha}$$

$$2\pi R h R =$$

$$\Omega = \frac{2\pi h R}{2\pi R a_1} = \frac{h}{a_1} = \frac{\pi (1 - \cos \beta)}{2}$$

$$k = \frac{kp}{c^2} \Rightarrow$$

$$B = \frac{\mu_0 I M}{L}$$

$$\cos \alpha = \frac{b}{R_1} \Rightarrow \frac{b}{a}$$

$\approx \sin \alpha$

$$x = A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$F_x =$$

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

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

$$\begin{aligned} & \text{Но } S_1 = \\ & = \pi (R^2 - x^2) dx \Rightarrow \\ & = \pi (R^2 - a^2) dx \end{aligned}$$



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!

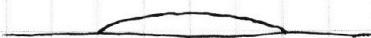
н4.

$$B_0 S_1 = L I_1 \quad - \frac{Rt}{L}$$

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

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

$$\text{ДЛЯ} \rightarrow q^2 = \frac{I_0 L}{R}$$





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!