



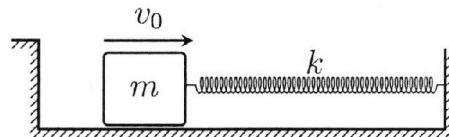
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 11-06



*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

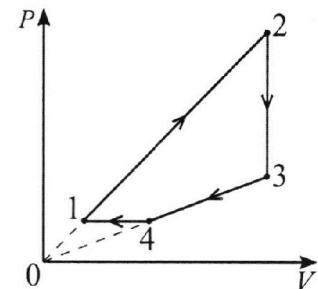
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой  $m$  прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью  $k$  (см. рис.). Уступ находится на таком расстоянии от тела, что если тело прижать к уступу и отпустить без начальной скорости, то положение равновесия тела пройдёт со скоростью  $v_0$ . В момент времени  $t_0 = 0$  телу в положении равновесия придают скорость  $23v_0/9$ , направленную к стене. После первого удара тела о уступ тело проходит положение равновесия со скоростью  $7v_0/3$ . 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 максимальное сжатие пружины до первого удара.
- 2) Определите скорость прохождения телом-положения равновесия после второго удара.
- 3) В какой момент времени  $t_1$  тело пройдет положение равновесия после первого удара?

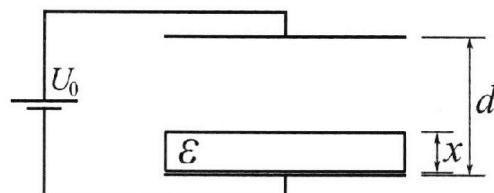
В ответе допустимы обратные тригонометрические функции.

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 1-2 равна  $C = 7R/2$ ,  $R$  – универсальная газовая постоянная. Отношение температур  $T_2/T_3 = 12/5$ .

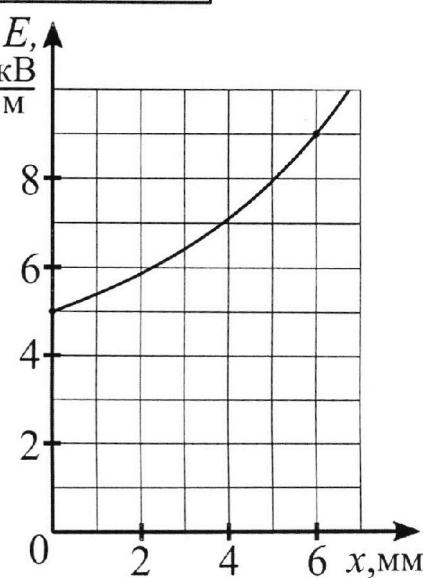


- 1) Найти молярную теплоёмкость газа в процессе 2-3.
- 2) Найти работу газа за цикл.
- 3) Найти КПД цикла.

3. Плоский конденсатор подсоединен к источнику постоянного напряжения. Расстояние между обкладками  $d = 9$  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  $\epsilon$  диэлектрика.





# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 11-06

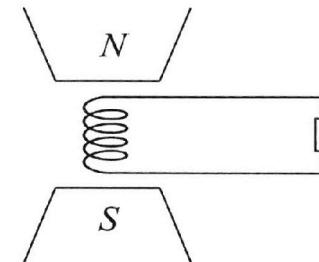


*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

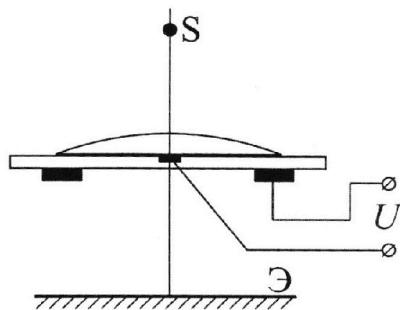
4. Катушка индуктивностью  $L$  с числом витков  $n$  и площадью каждого витка  $S_1$  находится во внешнем однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением  $R$ . Внешнее поле выключают в течение времени  $\tau$ . За время выключения ток в катушке возрастает линейно от нуля до  $I_1$ .

- 1) Найти скорость возрастания тока через время  $\tau/4$  от начала выключения.
- 2) Найти заряд  $q$ , протекший через катушку от момента, когда ток в катушке был  $I_1$ , до момента, когда ток через катушку станет нулевым.
- 3) Найти начальную индукцию  $B_1$  внешнего магнитного поля.

Сопротивлением катушки и соединительных проводов пренебречь.



5. Капля электропроводящей прозрачной жидкости с показателем преломления  $n = 4/3$  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  $b = 24$  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 кривизны верхней поверхности линзы по линейному закону в зависимости от напряжения  $U$ , прикладываемого к электродам. При нулевом напряжении радиус кривизны  $R_0 = 2$  см. При напряжении  $U_1$  на экране получено изображение светодиода с увеличением  $\Gamma_1 = 5/3$ , а при напряжении  $U_2$  получено изображение с увеличением  $\Gamma_2 = 1/3$ .



- 1) Выберите формулу для фокусного расстояния  $F$  плосковыпуклой тонкой линзы в зависимости от радиуса кривизны  $R$  и показателя преломления  $n$ .
- 2) Определите  $U_2/U_1$ .
- 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.

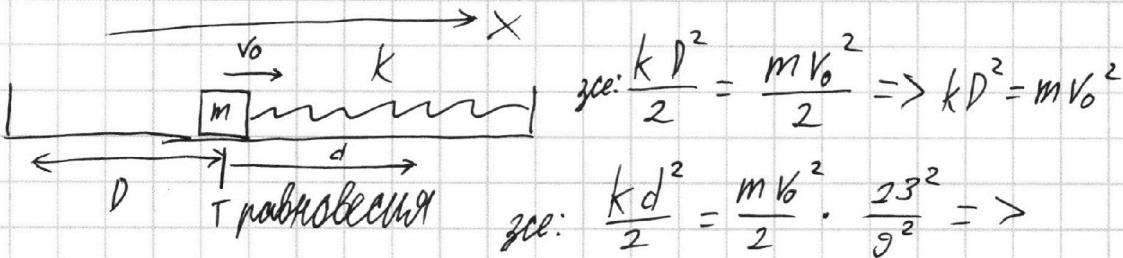
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.



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

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!



$$d = V_0 \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \frac{23^2}{9^2} = \frac{23}{9} V_0 \sqrt{\frac{m}{k}}$$

η - коэф. поломывания:  $\left( \frac{mV_0^2}{2} \cdot \frac{23^2}{9^2} - \frac{kD^2}{2} \right) \eta = \frac{mV_0^2}{2} \cdot \frac{4^2}{3^2} - \frac{kD^2}{2}$

$$\Rightarrow \frac{mV_0^2}{2} \left( \frac{23^2}{9^2} - 1 \right) \eta = \frac{mV_0^2}{2} \left( \frac{4^2}{3^2} - 1 \right) \Rightarrow \eta = \frac{\frac{4^2}{3^2} - 1}{\frac{23^2}{9^2} - 1} =$$

$$= \frac{21^2 - 9^2}{23^2 - 9^2} = \frac{30 \cdot 12}{32 \cdot 14} = \frac{15 \cdot 3}{4 \cdot 14} = \frac{45}{56}$$

$$\left( \frac{mV_0^2}{2} \cdot \frac{4^2}{3^2} - \frac{kD^2}{2} \right) \eta = \frac{mV^2}{2} - \frac{kD^2}{2} = \frac{kD^2}{2} \cdot \frac{4^2 - 3^2}{3^2} \eta = \frac{kD^2}{2} \cdot \frac{40}{9} \cdot \frac{45}{56} =$$

$$= \frac{kD^2}{2} \cdot \frac{25}{4} = \frac{mV^2}{2} - \frac{kD^2}{2} \quad \frac{mV^2}{2} = \frac{kD^2}{2} \cdot \frac{32}{4} = \frac{mV_0^2}{2} \cdot \frac{32}{4}$$

$$V = V_0 \sqrt{\frac{32}{4}} = 4V_0 \sqrt{\frac{2}{7}}$$

$K \ddot{x} + mx = -kx \Rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow x = \frac{V_0}{3} \sqrt{\frac{m}{k}} \sin(\sqrt{\frac{k}{m}} t) -$

- x, где отсчитают времена от прохождения равновесия  $\Rightarrow \frac{V_0}{3} \sqrt{\frac{m}{k}} \sin(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot (-t_1)) = -D$

$$\sin \sqrt{\frac{k}{m}} t_1 = \frac{3D}{V_0} \sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{m}{k}} \arcsin \frac{3D}{V_0} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$x = \frac{23}{9} V_0 \sqrt{\frac{m}{k}} \sin \sqrt{\frac{m}{k}} t, \quad \sqrt{\frac{m}{k}} t = \pi + \alpha$$

~~$$-\alpha = \frac{23}{9} V_0 \sqrt{\frac{m}{k}} \sin \alpha \Rightarrow t_2' = \frac{\pi}{2} + \sqrt{\frac{m}{k}} \arcsin \frac{9D}{23V_0} \sqrt{\frac{k}{m}}$$~~

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow t_2' = \pi \sqrt{\frac{m}{k}} + \sqrt{\frac{m}{k}} \arcsin \frac{9D}{23V_0} \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad t_1 = t_1' + t_2'$$



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                        |
| <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!

Ответы:

1)  $\frac{23}{9} V_0 \sqrt{\frac{m}{k}}$

2)  $4 V_0 \sqrt{\frac{2}{7}}$

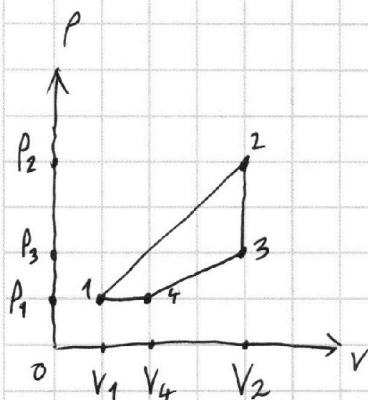
3)  $\sqrt{\frac{m}{k}} (\sqrt{t} + \arcsin(\frac{9D}{23V_0} \sqrt{\frac{k}{m}}) + \arcsin(\frac{3D}{4V_0} \sqrt{\frac{k}{m}}))$

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  
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!



$$Q = \frac{i}{2} P_1 (V_4 - V_1) + P_1 (V_3 - V_1) = \\ = \frac{i}{2} V_2 (P_2 - P_3) = \frac{i+2}{2} P_1 (V_4 - V_1) \\ V_2 = V_3 \Rightarrow \frac{T_2}{T_3} = \frac{12}{5} = \frac{P_2}{P_3}$$

$$C = \frac{dQ}{dT} = \frac{dE + dA}{dPV} \cdot R = \frac{7}{2} R$$

$$\frac{dPV + PdV}{dPV} = \frac{7}{2} \Rightarrow 2dPV + 2PdV = 7dPV \\ 2PdV = 5dPV = 5VdP + 5PdV \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 3PdV + 5VdP = 0 \quad 3 \frac{dV}{V} + 5 \frac{dP}{P} = 0 \\ V^3 P^5 = \text{const} \quad \Leftrightarrow 3 \ln \frac{V}{V_0} + 5 \ln \frac{P}{P_0} = C$$

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} = k_1 ; \quad \frac{P_1}{V_4} = \frac{P_3}{V_2} = k_2 \quad \text{Рассмотрим } C_{k_1} \text{ где } \frac{P}{V} = k_1$$

$$C_{k_1} = \frac{\frac{i}{2}dPV + PdV}{dPV} R = \frac{7}{2} R, \quad \text{но } \frac{dP}{V} = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{i}{2}dPV + 2PdV = 7dPV \quad \left| \frac{dP}{V} - P \frac{dV}{V^2} = 0 \right. \Rightarrow VdP = PdV$$

$$i \cdot (PdV + VdP) + 2PdV = 7PdV + 7VdP$$

$$2iPdV + 2PdV = 7PdV + 7VdP$$

$$2iPdV = 12PdV \Rightarrow \boxed{i=6}, \text{ т.к. } 2-3 - \text{ изотерма} \Rightarrow$$

$$C_{2-3} = C_V = \frac{i}{2}R = \boxed{3R}$$



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!

Уравнения:

$$Q = 3V_2(P_2 - P_3) = 4P_1(V_4 - V_1)$$

$$\frac{P_2}{P_3} = \frac{12}{5} \quad ; \quad \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}, \quad \frac{P_1}{V_4} = \frac{P_3}{V_2}, \quad A = \frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{2} - \frac{(P_3 - P_1)(V_2 - V_4)}{2}$$

~~$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \Rightarrow \frac{P_2}{V_2} = \frac{V_4}{V_1} \Rightarrow \frac{P_2}{V_3} = \frac{V_4}{V_2} \cdot \frac{V_1}{V_2} = \frac{12}{5}$$~~

$$A = \frac{P_2 V_2 + P_1 V_1 - P_1 V_2 - P_2 V_1 - (P_3 V_2 + P_1 V_4 - P_1 V_2 - P_3 V_4)}{2} =$$

$$= \frac{(P_2 V_2 + P_1 V_1) - P_2 V_1 - (P_3 V_2) - P_1 V_4 + P_3 V_4}{2} = \frac{V_2 (P_2 - P_3) - P_1 (V_4 - V_1)}{2} + \frac{P_3 V_4 - P_2 V_1}{2} =$$

$$= \left| \frac{P_1}{V_4} = \frac{P_3}{V_2} \Rightarrow P_1 V_2 = P_3 V_4 \right| = \frac{\frac{Q}{3} - \frac{Q}{4}}{2} + \frac{P_1 V_2 - P_2 V_1}{2} =$$

$$= \left| \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \Rightarrow P_1 V_2 = P_2 V_1 \right| = \frac{4Q - 3Q}{2 \cdot 12} = \boxed{\frac{Q}{24} = A} \quad \text{- Рассматриваем как  
коэффициент под  
уравнением}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_h} \quad ; \quad Q_h = \Delta E + A = 3(P_2 V_2 - P_1 V_1) + \int_{V_1}^{V_2} P dV =$$

$$= 3(P_2 V_2 - P_1 V_1) + \int_{V_1}^{V_2} \frac{P_1}{V_1} V dV = 3(P_2 V_2 - P_1 V_1) + \frac{P_1}{V_1} \cdot \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} =$$

$$= 3(P_2 V_2 - P_1 V_1) + \frac{P_2}{V_2} \cdot \frac{V_2^2}{2} - \frac{P_1}{V_1} \cdot \frac{V_1^2}{2} = \frac{6P_2 V_2 + P_2 V_1}{2} - \frac{6P_1 V_2 + P_1 V_1}{2} =$$

$$= \frac{7}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1) \quad \text{- далее аналогично} \star$$

$$P_1 = \frac{P_2 V_1}{V_2} = \frac{P_3 V_4}{V_2} \Rightarrow P_2 V_1 = P_3 V_4 \Rightarrow \frac{P_2}{P_3} = \frac{V_4}{V_1} = \frac{12}{5}$$

Ответы №1, 2: 1)  $C_{2-3} = 3R$

$$2) A = \frac{Q}{24}$$

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**.



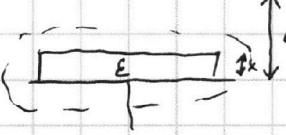
- |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

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!

Для  $x=0$   $E = 5 \frac{KV}{m}$  - напряженность в воздушном пространстве  $\Rightarrow U_c = E \cdot d = 45 \frac{KV}{m} \text{ мм} = 45 B = U_0$

По теореме Гаусса:  $\oint (D \cdot d\bar{s}) = q_s = C U_0$  н.к.  $S=\text{const}$

 для физика правило  $\times$   $D$ -константа, равная и в воздухе, и в диэлектрике

$$U_0 = E_{\epsilon} x + E(d-x) \Rightarrow U_0 = \frac{E}{\epsilon} x + E(d-x)$$

$$\epsilon_0 \epsilon E_{\epsilon} = D = \epsilon_0 E$$

Рассмотрим точку  $x=6 \text{ мм}$ :  $E = 9 \frac{KV}{m}$

$$\text{Подставим: } 45 B = \frac{9 \frac{KV}{m}, \text{мм}}{\epsilon} + \frac{9 \frac{KV}{m}}{1} \cdot (9 \text{мм} - 6 \text{мм})$$

$$45 B = \frac{54 B}{\epsilon} + 27 B \Rightarrow \frac{54 B}{\epsilon} = 18 B \Rightarrow \epsilon = 3$$

$$\text{Ответы: 1) } U_0 = 45 B$$

$$2) \epsilon = 3$$

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**.

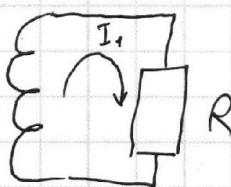


- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------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

„За время выключания ток в катушке возрастает от 0 до  $I_1$ “ (за время  $\tau$ )  $\Rightarrow \frac{dI}{dt} = \text{const} = \frac{I_1}{\tau}$  - для  $\frac{\tau}{4}$  время ток  $I_1$  в момент, когда перестанет выключать Внешнее  $\Rightarrow$  эквивалентная схема:



$$L \frac{dI}{dt} = -RI \Rightarrow \frac{L}{R} \cdot \frac{dI}{I} = -dt$$

$$\frac{L}{R} \int_{\tau}^{T} \frac{dI}{I} = -(\bar{I} - \tau) \Rightarrow$$

$$I(T) = I_1 e^{-\frac{R}{L}(T-\tau)}, \text{ где } T > \tau$$

$$q = \int_{\tau}^{\infty} I_1 e^{-\frac{R}{L}(T-\tau)} dT = I_1 \tau \int_{1}^{\infty} e^{-\frac{R\tau}{L}(a-1)} da = \\ = I_1 \tau \cdot e^{\frac{R\tau}{L}} \int_{1}^{\infty} e^{-\frac{R\tau}{L}a} da = I_1 \tau e^{\frac{R\tau}{L}} \left( \frac{e^{-\frac{R\tau}{L}a}}{-\frac{R\tau}{L}} \Big|_1^{\infty} \right) = \\ = I_1 \tau e^{\frac{R\tau}{L}} \frac{\frac{R\tau}{L}}{\frac{R\tau}{L}} = \boxed{\frac{L I_1}{R}}$$

$$-n \dot{B} S_1 - \frac{L \frac{dI}{dt}}{dt} = RI \quad ! \quad \frac{dI}{dt} = \frac{I_1}{\tau}, \Rightarrow -n \dot{B} S_1 = RI + L \frac{I_1}{\tau}$$

$$-n S_1 \int_{0}^{\tau} \dot{B} dt = R \int_{0}^{\tau} I dt + L \frac{I_1}{\tau} (\tau - 0) = R \int_{0}^{\tau} \frac{I_1}{\tau} t dt + L I_1$$

$$n S_1 B_1 = \frac{RI_1}{\tau} \frac{\tau^2}{2} + L I_1 = \frac{RI_1 \tau}{2} + L I_1 \Rightarrow B_1 = \frac{(R\tau + 2L) I_1}{2 n S_1}$$

Ответы:  
1)  $\frac{I_1}{\tau}$   
2)  $\frac{L I_1}{R}$

$$3) \frac{(R\tau + 2L) I_1}{2 n S_1}$$

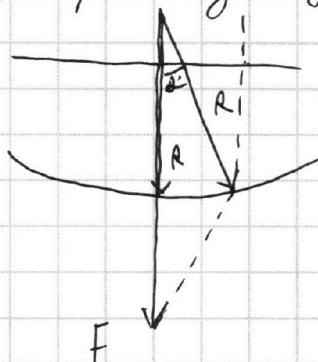
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- |                            |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 3

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!

$n = \frac{4}{3}$ , будем считать, что линзу достаточно поиной, для того, чтобы оптические свойства линзы были симметричны (инверсия линзы есть оптической оси не меняет ход лучей):



В фокусе линзы волны проходят в один раз  $\Rightarrow$  для малых  $\angle$  ход лучей одинаковый:

$$F + R \sin 2 = \sqrt{F^2 + R^2 \sin^2 2} = nR(1 - \cos 2) + F$$

$$\sqrt{F^2 + R^2 \sin^2 2} = nR(1 - \cos 2) + F - R(1 - \cos 2) =$$

$$= F + R \cdot \frac{1}{3}(1 - \cos 2)$$

Л. max:  $\sqrt{F^2 + R^2 \angle^2} = \sqrt{nR(1 - \cos 2) + F} = \sqrt{(F + R(1 - \cos 2))^2 + R^2 \sin^2 2}$

Л. max:  $n \frac{1}{3} \left(1 - 1 + \frac{\angle^2}{2}\right) R + F = \sqrt{R^2 + R^2 \angle^2} = \sqrt{(\cos 2 \angle + \frac{1}{2}, \sin 2 \angle)}$

$$= \sqrt{F^2 + 2FR \angle + R^2 \angle^2 + R^2 \angle^2} = \sqrt{F^2 + FR \angle^2 + R^2 \angle^2} =$$

$$= F \sqrt{1 + \angle^2 \cdot \left(\frac{R}{F} + \frac{R^2}{F^2}\right)} = F \left(1 + \frac{\angle^2}{2} \left(\frac{R}{F} + \frac{R^2}{F^2}\right)\right) = F + R \frac{\angle^2}{2} + \frac{\angle^2}{2} \frac{R^2}{F}$$

~~$R \angle^2 \left(\frac{2}{3} \angle^2\right) = \frac{\angle^2}{2} \frac{R^2}{F}$~~   $n \frac{\angle^2}{2} R + F = F + R \frac{\angle^2}{2} + \frac{\angle^2}{2} \frac{R^2}{F}$

$$(n - 1) R = \frac{R^2}{F}$$

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

$$R \angle k \text{ и } F \angle k \text{ и } F \approx \frac{R}{n - 1}$$

сокращено

$$F \approx \frac{R}{n - 1}$$

$k$  - коэффициент пропорциональности:  $R \approx R_0 - R_0 \Delta R$   
 $R - R_0 \approx V$



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  
2 из 3

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!

$$\Gamma = \frac{f_2}{d} = \frac{f_2}{f_1 + d} = \frac{f_2}{f_1} = \frac{f}{F} = \frac{f(f-F)}{Ff} = \frac{f-F}{F} = \frac{f}{F} - 1$$

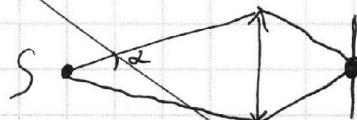
$$d = \left(\frac{1}{F} - \frac{1}{f}\right)^{-1} = \frac{Ff}{f-F}$$

$$\Gamma = \frac{f}{F} - 1 = \frac{f(n-1)}{KV} - 1$$

$$f(n-1) = \frac{1}{\Gamma + 1}$$

$$m.e. V = \frac{1}{\Gamma + 1} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{\Gamma_1 + 1}{\Gamma_2 + 1} = \frac{\frac{5}{3} + 1}{\frac{1}{3} + 1} = \frac{5+3}{1+3} = 2$$

= 2



Считаем энергию  $W$ , тогда выражение

получаем  $W \cdot \frac{2\pi(1-\cos\alpha)}{4\pi} = W \frac{1-\cos\alpha}{2}$ , т.к.  $\alpha \approx \frac{V}{d}$

$$f = \text{const} \quad f = \text{const} \Rightarrow \frac{1}{F_1} - \frac{1}{d_1} = \frac{1}{F_2} - \frac{1}{d_2}$$

$$\cos\alpha \approx 1 - \frac{\alpha^2}{2}$$

$$\frac{1}{F_1} - \frac{\alpha_1}{r} = \frac{1}{F_2} - \frac{\alpha_2}{r}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} \frac{P_2^2}{P_1^2} = \frac{W_1}{W_2} \frac{\Gamma_2^2}{\Gamma_1^2} = \frac{1-\cos\alpha_1}{1-\cos\alpha_2} \frac{\Gamma_2^2}{\Gamma_1^2} \approx \frac{\alpha_1^2}{\alpha_2^2} \frac{\Gamma_2^2}{\Gamma_1^2}$$

Ответы 1, 2: 1)  $F = \frac{R}{n-1}$     2)  $\frac{V_2}{V_1} = 2$

$$\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{r} = \frac{1}{F_1} - \frac{1}{F_2}$$

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} - 1 = r \left( \frac{1}{F_1} - \frac{1}{F_2} \right)$$



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  
3 ИЗ 3

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!

$$R = R_0 + kV \quad F = \frac{R}{n-1} \quad \Gamma = \frac{f}{F} - 1 \quad F = \frac{f}{\Gamma+1} = R_0 + kV$$

$$kV = \frac{f}{\Gamma+1} - R_0 \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{24}{5+1} - 2}{\frac{24}{9+1} - 2} = \frac{18-2}{9-2} = \frac{16}{7}$$

Ответы №1,2: 1)  $F = \frac{R}{n-1}$       2)  $\frac{V_2}{V_1} = \frac{16}{7}$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\rho^2}{\rho_1^2} = \frac{\Gamma^2}{\Gamma_1^2} = \left(\frac{1}{5}\right)^2 = \frac{1}{25} \quad - \text{м.к. } S \sim \rho^2, \text{ а } E \sim \frac{W}{S}$$

Ответ №3: 3)  $\frac{E_1}{E_2} = \frac{1}{25}$



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**.

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!

$$Q_h - Q_c = A = \frac{7}{2} (\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1 + \rho_3 V_2) \quad \text{аналогично} \star$$

$$= \frac{4}{2} (\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1) - \frac{7}{2} (\rho_3 V_2 - \rho_1 V_4) = \frac{Q}{24}$$

$$\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1 - \rho_3 V_2 + \rho_1 V_4 = \frac{Q}{24} \cdot \frac{2}{7} = \frac{Q}{84}$$

$$V_2 (\rho_2 - \rho_3) + \rho_1 (V_4 - V_1) = \frac{Q}{84}$$

$Q_h$   $C_{-1} = \frac{7}{2}$  — термодинамич. ждя  $PV^{-1}$ , то

\*344-3

$$C_{-1} \approx Q_h = C_{-1} (\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1)$$

$$Q_{4-3} = C_{-1} (\rho_3 V_2 - \rho_1 V_4)$$

$$Q_{4-3} \approx \frac{Q}{84}$$