



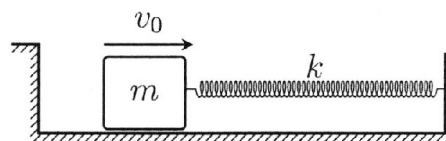
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



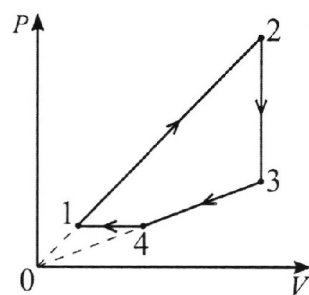
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой m прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью k (см. рис.). Уступ находится на таком расстоянии от тела, что если тело прижать к уступу и отпустить без начальной скорости, то положение равновесия тело пройдет со скоростью 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?

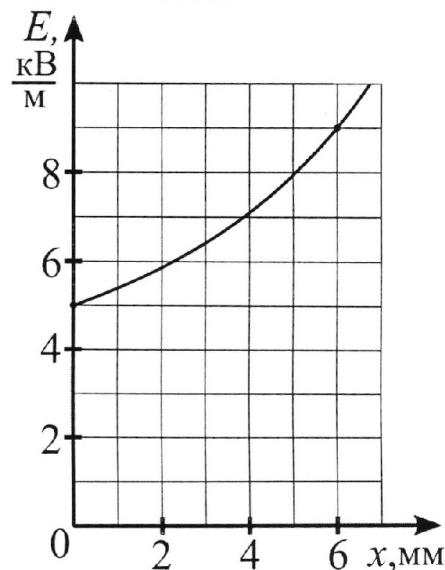
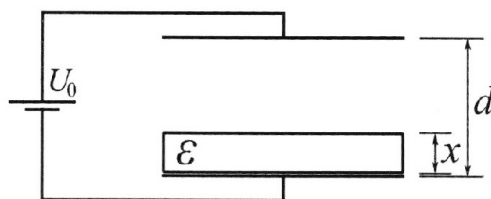
В ответе те допустимы обратные тригонометрические функции.

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 ϵ диэлектрика.



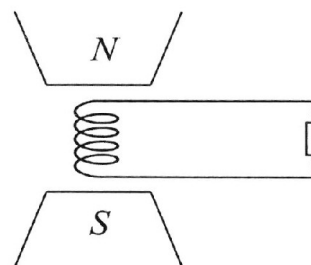
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



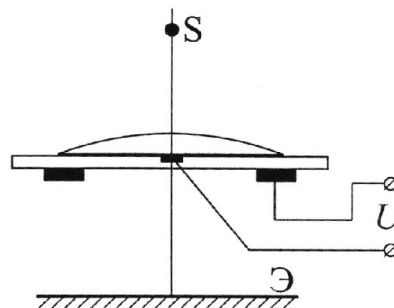
4. Катушка индуктивностью L с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением R . Внешнее поле выключают в течение времени τ . За время выключения 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 R 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) Выведите 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.

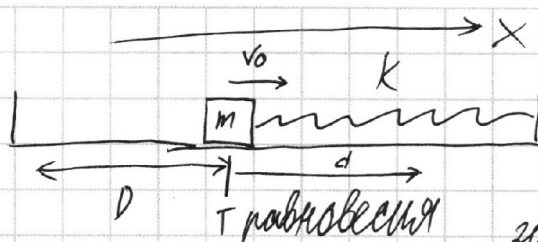


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\text{зсе: } \frac{kD^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow kD^2 = mv_0^2$$

$$\text{зсе: } \frac{kd^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{23^2}{9^2} \Rightarrow$$

$$d = v_0 \sqrt{\frac{m}{k} \cdot \frac{23^2}{9^2}} = \frac{23}{9} v_0 \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\eta_{\frac{1}{2}} - \text{коэф. полезения: } \left(\frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{23^2}{9^2} - \frac{kD^2}{2} \right) \eta = \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{4^2}{3^2} - \frac{kD^2}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} \left(\frac{23^2}{9^2} - 1 \right) \eta = \frac{mv_0^2}{2} \left(\frac{4^2}{3^2} - 1 \right) \Rightarrow \eta = \frac{\frac{4^2}{3^2} - 1}{\frac{23^2}{9^2} - 1} =$$

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

$$\left(\frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{4^2}{3^2} - \frac{kD^2}{2} \right) \eta = \frac{mv^2}{2} - \frac{kD^2}{2} = \frac{kD^2}{2} \cdot \frac{4^2 - 3^2}{3^2} \eta = \frac{kD^2}{2} \cdot \frac{40}{9} \cdot \frac{45}{56} =$$

$$= \frac{kD^2}{2} \cdot \frac{25}{7} = \frac{mv^2}{2} - \frac{kD^2}{2} \quad \frac{mv^2}{2} = \frac{kD^2}{2} \cdot \frac{32}{7} = \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{32}{7}$$

$$V = v_0 \sqrt{\frac{32}{7}} = 4v_0 \sqrt{\frac{2}{7}}$$

$$kx = -kx \Rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow x = \frac{4v_0}{3} \sqrt{\frac{m}{k}} \sin(\sqrt{\frac{k}{m}} t) -$$

- x, где отсчёт времени от прохождения равновесия $\Rightarrow \frac{4v_0}{3} \sqrt{\frac{m}{k}} \sin(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot (-t_1)) = -D$

$$\sin \sqrt{\frac{k}{m}} t_1 = \frac{3D}{4v_0} \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{m}{k}} \arcsin \frac{3D}{4v_0} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$x = \frac{23}{9} v_0 \sqrt{\frac{m}{k}} \sin \sqrt{\frac{k}{m}} t, \quad \sqrt{\frac{k}{m}} t = \pi + 2$$

$$-D = \frac{23}{9} v_0 \sqrt{\frac{m}{k}} \sin \pi \Rightarrow t_2 = \frac{T}{2} + \sqrt{\frac{m}{k}} \arcsin \frac{9D}{23v_0} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow t_2 = \pi \sqrt{\frac{m}{k}} + \sqrt{\frac{m}{k}} \arcsin \frac{9D}{23v_0} \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad t_1 = t_1' + t_2'$$



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
☐

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) $4 v_0 \sqrt{\frac{2}{k}}$

3) $\sqrt{\frac{m}{k}} \left(\sqrt{1 + \arcsin\left(\frac{9D}{23v_0} \sqrt{\frac{k}{m}}\right)} + \arcsin\left(\frac{3D}{4v_0} \sqrt{\frac{k}{m}}\right) \right)$

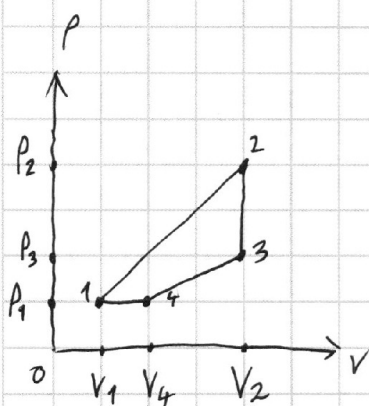


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



$$Q = \oint \frac{i}{2} P_1 (V_4 - V_1) + P_1 (V_4 - V_1) =$$

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

$$V_2 = V_3 \Rightarrow \frac{T_2}{T_3} = \frac{12}{5} = \frac{P_2}{P_3}$$

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

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

$$2PdV = 5dPV = 5VdP + 5PdV \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 3PdV + 5VdP = 0 \quad 3 \frac{dV}{V} + 5 \frac{dP}{P} = 0$$

$$V^3 P^5 = \text{const} \Leftrightarrow 3 \ln \frac{V}{V_0} + 5 \ln \frac{P}{P_0} = C$$

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} = k_1; \quad \frac{P_1}{V_4} = \frac{P_3}{V_2} = k_2 \quad \text{Рассмотрим } C_k, \text{ для } P_1 V_1^{-1} = k_1$$

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

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

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

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

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

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



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.

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!

Уравнения:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ответы п 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 $x=0$ ^{нет диэлектрика} $E = 5 \frac{кВ}{м}$ - напряженность в воздушном пространстве $\Rightarrow U_c = \bar{E} \cdot d = 45 \frac{кВ}{м} \cdot мм = 45 В = U_0$

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

для фиксированного x D - константа, равная и в воздухе, и в диэлектрике

$$U_0 = \bar{E}_\epsilon x + \bar{E}(d-x)$$

$$\epsilon_0 \epsilon \bar{E}_\epsilon = D = \epsilon_0 \bar{E}$$

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

Рассмотрим точку $x=6$ мм: $E = 9 \frac{кВ}{м}$

Подставим: $45 В = \frac{9 \frac{кВ}{м} \cdot мм}{\epsilon} + \frac{9 \frac{кВ}{м}}{1} \cdot (9 мм - 6 мм)$

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

Ответы: 1) $U_0 = 45 В$

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.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

5
☐

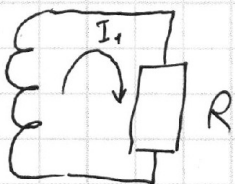
6
☐

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!

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



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

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

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

$$q = \int_{\tau}^{\infty} I_1 e^{-\frac{R}{L}(T-\tau)} dT = I_1 \tau \int_1^{\infty} e^{-\frac{Rx}{L}(a-1)} da =$$

$$= I_1 \tau \cdot e^{\frac{Rx}{L}} \int_1^{\infty} e^{-\frac{Rx}{L}a} da = I_1 \tau e^{\frac{Rx}{L}} \left(\frac{e^{-\frac{Rx}{L}a}}{-\frac{Rx}{L}} \Big|_1^{\infty} \right) =$$

$$= I_1 \tau e^{\frac{Rx}{L}} \frac{e^{-\frac{Rx}{L}}}{\frac{Rx}{L}} = \boxed{\frac{LI_1}{R}}$$

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

$$-n S_1 \int_0^{\tau} \dot{B} dt = R \int_0^{\tau} I dt + L \frac{I_1}{\tau} (\tau - 0) = R \int_0^{\tau} \frac{I_1}{\tau} t dt + LI_1$$

$$n S_1 B_1 = \frac{RI_1}{\tau} \frac{\tau^2}{2} + LI_1 = \frac{RI_1 \tau}{2} + LI_1 \Rightarrow B_1 = \frac{(R\tau + 2L)I_1}{2nS_1}$$

Ответы:

- 1) $\frac{I_1}{\tau}$
- 2) $\frac{LI_1}{R}$
- 3) $\frac{(R\tau + 2L)I_1}{2nS_1}$



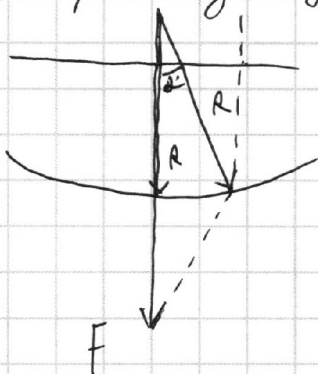
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

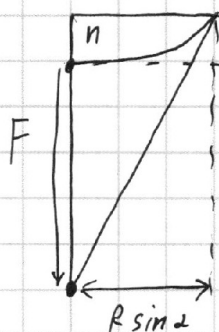
СТРАНИЦА
1 ИЗ 3

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 линзу достаточно тонкой, для того, чтобы оптические св-ва линзы были симметричны (инверсия линзы вдоль оптической оси меняет ход лучей):



В фокусе линзы волны приходят в одной фазе $\Rightarrow$ для малых α ход лучей одинаковый:



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

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

$$F - R \cdot \frac{1}{3}(1 - \cos \alpha)$$

$$\alpha \text{ мал: } \sqrt{F^2 + R^2 \alpha^2} = n R(1 - \cos \alpha) + F = \sqrt{(F + R(1 - \cos \alpha))^2 + R^2 \sin^2 \alpha}$$

$$\alpha \text{ мал: } n \frac{1}{3} (1 - 1 + \frac{\alpha^2}{2}) R + F = \frac{2}{3} R \left(\cos \alpha + \frac{1}{2}, \sin \alpha \approx \alpha \right)$$

$$\sqrt{F^2 + 2FR \frac{\alpha^2}{2} + R^2 \cdot \frac{\alpha^4}{4} + R^2 \alpha^2} = \sqrt{F^2 + FR \alpha^2 + R^2 \alpha^2} =$$

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

$$R \frac{\alpha^2}{2} \left(\frac{2}{3} - \frac{1}{2} \right) = \frac{R^2}{2F} \alpha^2$$

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

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

$$R \propto V \Rightarrow F \propto \frac{kV}{n - 1} \quad \text{составляю } F \propto \frac{1}{2}$$

k - коэффициент пропорциональности: $R \propto R_0 \propto V$
 $R - R_0 \sim V$

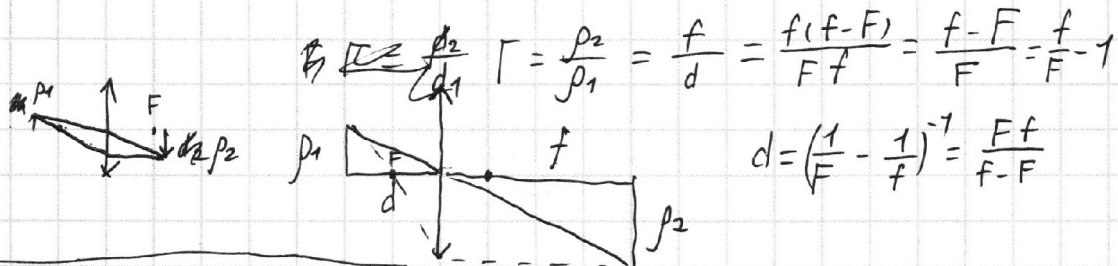


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи **отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

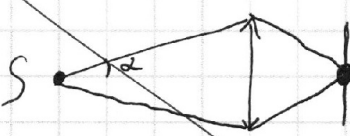
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



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

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

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



Считаем энергию W , тогда изображение
получаем $W \cdot \frac{2\pi(1-\cos\alpha)}{4\pi} = W \frac{1-\cos\alpha}{2}$, $\alpha \approx \frac{V}{d}$

$$f = \text{const} \quad f = \text{const} \Rightarrow \frac{1}{F_1} - \frac{1}{d_1} = \frac{1}{F_2} - \frac{1}{d_2} \quad \cos\alpha \approx 1 - \frac{\alpha^2}{2}$$

$$\frac{1}{F_1} - \frac{\alpha_1}{r} = \frac{1}{F_2} - \frac{\alpha_2}{r} \quad \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} \frac{p_2^2}{p_1^2} = \frac{W_1}{W_2} \frac{\Gamma_2^2}{\Gamma_1^2} = \frac{1-\cos\alpha_1}{1-\cos\alpha_2} \frac{\Gamma_2^2}{\Gamma_1^2} \approx \frac{\alpha_1^2}{\alpha_2^2} \frac{\Gamma_2^2}{\Gamma_1^2}$$

Ответы п1,2: 1) $F = \frac{R}{n-1}$ 2) $\frac{V_2}{V_1} = 2$

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



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!

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

$$kU = \frac{f}{\Gamma + 1} - R_0 \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{24}{\frac{5}{3} + 1} - 2}{\frac{24}{\frac{5}{3} + 1} - 2} = \frac{18 - 2}{9 - 2} = \frac{16}{7}$$

Ответы п 1, 2: 1) $F = \frac{R}{n-1}$ 2) $\frac{U_2}{U_1} = \frac{16}{7}$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\rho_2^2}{\rho_1^2} = \frac{\Gamma_2^2}{\Gamma_1^2} = \left(\frac{1}{5}\right)^2 = \frac{1}{25} \quad \text{м.к. } S \sim \rho^2, \text{ а } E \sim \frac{W}{S}$$

Ответ п 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**.



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!

~~$Q_h - Q_c = A = \frac{\gamma}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1 + P_3 V_2 - P_1 V_4)$ аналогично $\star$~~
 ~~$= \frac{\gamma}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) - \frac{\gamma}{2} (P_3 V_2 - P_1 V_4) = \frac{Q}{24}$~~

~~$P_2 V_2 - P_1 V_1 - P_3 V_2 + P_1 V_4 = \frac{Q}{24} \cdot \frac{2}{\gamma} = \frac{Q}{24}$~~

~~$V_2 (P_2 - P_3) + P_1 (V_4 - V_1) = \frac{Q}{24}$~~

~~$C_{-1} = \frac{\gamma}{2}$ - теплоемкость для PV^{-1} , то~~

~~$Q_h = C_{-1} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$~~

~~$Q_{4-3} = C_{-1} (P_3 V_2 - P_1 V_4)$~~

~~$Q_h \eta = \frac{Q}{24}$~~