



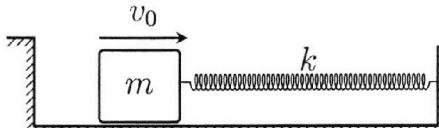
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-06



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

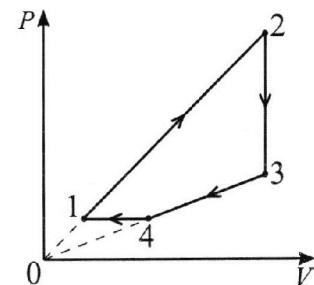
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой m прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью k (см. рис.). Уступ находится на таком расстоянии от тела, что если тело прижать к уступу и отпустить без начальной скорости, то положение равновесия тела пройдёт со скоростью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

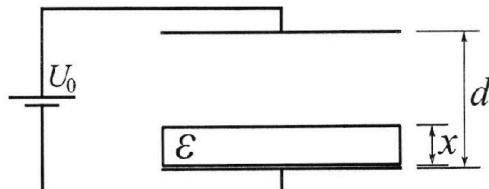
В ответе допустимы обратные тригонометрические функции.

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 $T_2/T_3 = 12/5$.

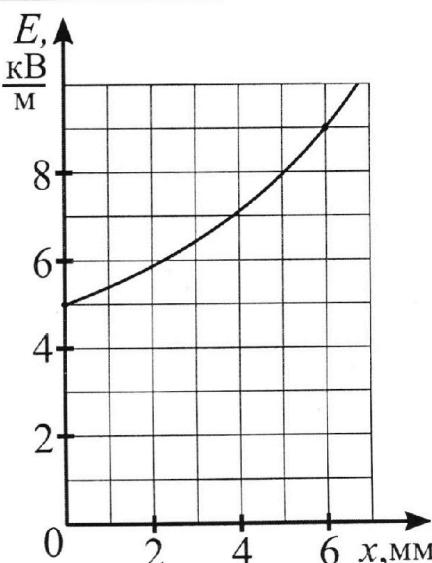


- 1) Найти молярную теплоёмкость газа в процессе 2-3.
- 2) Найти работу газа за цикл.
- 3) Найти КПД цикла.

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 ϵ диэлектрика.





Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-06

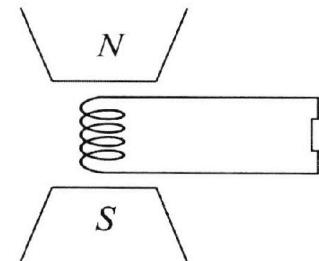


В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

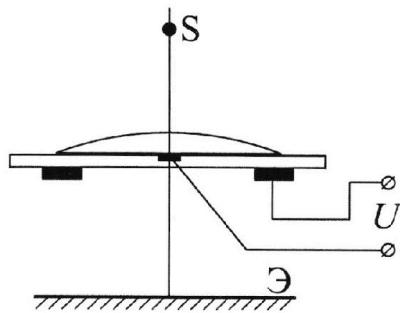
4. Катушка индуктивностью L с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением R . Внешнее поле выключают в течение времени τ . За время выключения 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 $n = 4/3$ 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 $b = 24$ 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 $\Gamma_2 = 1/3$.



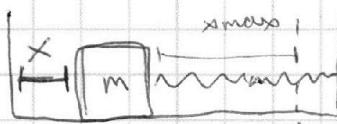
- 1) Выведите формулу для фокусного расстояния F плосковыпуклой тонкой линзы в зависимости от радиуса кривизны R и показателя преломления n .
- 2) Определите U_2/U_1 .
- 3) Считая, что светодиод излучает одинаковую световую мощность по всем направлениям, определите отношение средних освещённостей E_1/E_2 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**.

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!

N1



x - расстояние от нач. равновесия до уступа

x_{max} - максим. сжатие пружины до первого удара

$$1) \frac{Kx^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow x = \sqrt{\frac{mV_0^2}{K}} = V_0 \sqrt{\frac{m}{K}}$$

$$\frac{m \cdot 23^2 V_0^2}{2 \cdot g^2} = \frac{K x_{\text{max}}^2}{2} \Rightarrow x_{\text{max}} = \frac{23 V_0 \sqrt{m}}{g \sqrt{K}}$$

так как при максим. сжатии скорость тела должна быть нулевой, чтобы все кинетич. энергии перешла в ~~энергию~~ арх. сжатия пружины.

$$2) \frac{23^2 m V_0^2}{g^2 \cdot 2} = \frac{K x^2}{2} + \frac{m V^2}{2}$$

$$\frac{23^2 m V_0^2}{g^2 \cdot 2} = m V_0^2 + m V^2$$

$$3) \frac{m V^2}{2 \alpha} + \frac{K x^2}{2} = \frac{m \cdot 2^2 V_0^2}{2 \cdot 3^2}$$

$$\cancel{x^2} \Rightarrow \frac{V^2}{2} = \frac{2^2 V_0^2}{3^2} - V_0^2 = \frac{23^2 V_0^2}{9^2} - V_0^2$$

$$\alpha = \frac{\frac{23^2}{9^2} - 1}{\frac{2^2}{3^2} - 1} = \frac{23^2 - 9^2}{9(2^2 - 3^2)} = \frac{529 - 81}{9(4 - 9)} = \frac{(23 - 9)(23 + 9) \cdot 9}{9^2 (2 - 3) (2 + 3)}$$

$$= \frac{832 \cdot 14}{9 \cdot 4 \cdot 45} = \frac{56}{45}$$

$$4) \frac{m V^2}{2 \alpha^2} + \frac{K x^2}{2} = \frac{m V_2^2}{2}$$

$$\frac{m V^2}{\alpha^2} + m V_0^2 = m V_2^2$$

$$\frac{45^2}{56^2} V_0^2 \left(\frac{23^2}{9^2} - 1 \right) + V_0^2 = V_2^2$$

$$\frac{5^2}{56^2} V_0^2 (23 - 9)(23 + 9) + V_0^2 = \frac{5^2}{56^2} V_0^2 \cdot 32 \cdot 14 + V_0^2 = \frac{5^2 \cdot 8 \cdot 4 \cdot V_0^2 + V_0^2}{56^2}$$

$$= \frac{5^2}{4} V_0^2 + V_0^2 = \frac{32}{4} V_0^2 = V_2^2$$

$$V_2 = V_0 \sqrt{\frac{32}{4}}$$

V_2 - скорость тела в полош. равнов. после второго удара

$$\begin{array}{r} x_{23} \\ \hline x_{23} \\ + 69 \\ \hline 460 \\ \hline 529 \end{array}$$

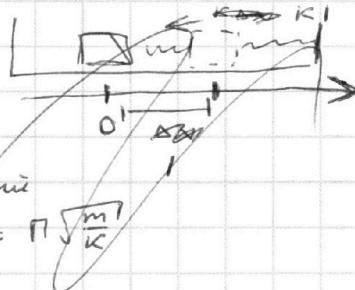
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи **отдельно**.

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

СТРАНИЦА
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!

5) ~~жатие пружины~~ - $K_1 = m \omega^2$
 $\frac{K_1}{m} = i = \omega^2 = \frac{k}{m}$
 частота колебаний
 $T = \frac{\pi}{\omega}$ - половина периода $= \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$



5) I - сжатие пружины
 для момента, когда
 тело еще не ударилось:



$$I = x_{max} \sin \omega t$$

$$\frac{-K_1}{m} = i \Rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

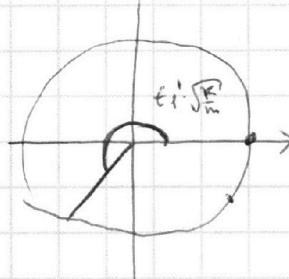
частота колебаний

$$-x = x_{max} \sin \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t_1'$$

$$-\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{2\pi}{3} \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \sin \sqrt{\frac{k}{m}} t_1'$$

$$-\frac{g}{23} = \sin \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t_1'$$

$$\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t_1' = \pi + \arcsin \frac{g}{23}$$



6) I_A - ~~стартовая~~ макс. сжат. пруж. после 1-го
 удара

$$\frac{2 \cdot V_0^2 m}{3 \cdot \pi^2} = \frac{K I_A^2}{2} \Rightarrow I_A = \frac{2}{3} V_0 \sqrt{\frac{m}{K}}$$

$$\text{теперь } -x = I_A \sin(\omega t + \varphi) \quad I_A \sin \varphi \quad \varphi = \arcsin -\frac{x}{I_A} \\ I_A \sin(\arcsin -\frac{x}{I_A} + \varphi) = 0 \quad = \arcsin -\frac{3}{2}$$

$$\arcsin \omega t_1'' = -\arcsin -\frac{3}{2} = \arcsin \frac{3}{2}$$

$$t_1'' = \sqrt{\frac{m}{K}} \arcsin \frac{3}{2}$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{m}{K}} \left(\pi + \arcsin \frac{3}{2} + \arcsin \frac{g}{23} \right)$$

$$\text{Ответ: } \frac{23 V_0 \sqrt{\frac{m}{K}}}{g}; V_0 \sqrt{\frac{32}{3}}; \sqrt{\frac{m}{K}} \left(\pi + \arcsin \frac{3}{2} + \arcsin \frac{g}{23} \right)$$

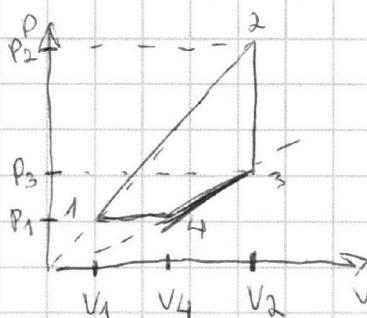
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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
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!

N2



$$\alpha_1 = \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \quad \text{и} \quad \frac{P_1}{V_4} = \frac{P_3}{V_2} = \alpha_2$$

$$dQ = PV \quad dQ = n \cdot dRdT + P \cdot dV$$

$$\alpha_1 V_1 = V_4 \alpha_2 \\ \frac{12}{5} V_1 = V_4$$

$$1) \frac{dQ}{dT \cdot d} = nR + \frac{PdV}{dT \cdot d} = C \text{ где пруз. 1-2}$$

$$dRdT = V^2 \cdot \alpha_1 \quad - \text{где пруз. 1-2}$$

$$dRdT = (V + dV)^2 \cdot \alpha_1 = \cancel{(V^2 + 2dV)} \cdot \alpha_1 \quad V^2 \alpha_1 = 2dV V \alpha_1$$

$$C = nR + \cancel{\frac{dQ}{dT \cdot d}} \cdot \frac{dRdT}{2dV \alpha_1} = nR + \frac{R}{2} = \frac{3R}{2}$$

$$n = 3$$

2) на участке 2-3

$$dQ = n dRdT, \text{ т.к. } dV = 0$$

$$Q = 3dR(T_2 - T_3) = 3dRT_3 \cdot \frac{7}{5}$$

3) где пруз. 1-2:

$$4) Q = P_1(V_4 - V_1)$$

$$PdV = dA_{1-2} = \alpha_1 V dV$$

$$A_{1-2} = \frac{\alpha_1 V_2^2}{2} \Big|_{V_1}^{V_2} = \frac{\alpha_1}{2} (V_2^2 - V_1^2)$$

$$5) \frac{T_2}{T_3} = \frac{P_2 V_2}{P_3 V_2} = \frac{P_2}{P_3} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{12}{5}$$

$$6) P_1(V_4 - V_1) = \alpha_2 V_4^2 - \alpha_1 V_1^2 = Q$$

$$\alpha_2 (V_4^3 - V_1^3) \quad V_4 \alpha_2 = V_1 \alpha_1$$

$$\alpha_2 V_4^2 - \frac{V_4^2 \alpha_2^2}{\alpha_1} = Q$$

$$\alpha_2 V_4^2 - 5V_4^2 \alpha_2^2 = Q$$

$$\frac{12}{7} Q = \alpha_2 V_4^2$$

$$\alpha_1 V_1^2 = 5V_4^2 \alpha_2 = \frac{5Q}{7}$$

$$\alpha_1 V_1 dV + n \cdot dRdT$$

$$dRdT = \frac{P_1 V_1}{T_1} dT = \frac{P_1 V_1}{T_1} dV$$

$$dRdT = PdV = \alpha_1 V dV$$

$$dRdT = \alpha_1 (V + dV)^2 - \alpha_1 V^2 = 2\alpha_1 V dV$$

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
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!

$$2) Q = n \partial R (\tau_2 - \tau_3), \text{ т.к. } dW = 0 \quad \text{и} \quad dQ = n \partial R d\tau$$

$$Q = \frac{2n \partial R}{5} \tau_3$$

$$\partial R \tau_2 = \alpha_1 V_2^2 \quad \partial R \tau_3 = \alpha_2 V_2^2 = \frac{5Q}{2n} \quad \alpha_1 V_2^2 = \frac{5Q \cdot \alpha_1}{2n \alpha_2}$$

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{\tau_2}{\tau_3} = \frac{12}{5}$$

$$= \frac{12Q}{2n}$$

$$\partial R \tau_2 = \alpha_1 V_2^2 \quad \partial R \tau_3 = \alpha_2 V_2^2 = \frac{5Q}{2n} \quad \alpha_1 V_2^2 = \frac{5Q \cdot \alpha_1}{2n \alpha_2}$$

$$\alpha_2 V_4^2 = \frac{Q}{1 - \frac{\alpha_2}{\alpha_1}} = \frac{Q}{1 - \frac{5}{12}} = \frac{12Q}{7} \quad \frac{\alpha_2^2 V_4^2}{\alpha_1} = \frac{12Q}{7} \cdot \frac{5}{12} = \frac{Q \cdot 5}{7}$$

$$3) \text{ где пром. } 1-2:$$

$$dA_{1-2} = P dV = \alpha_1 V dV$$

$$A_{1-2} = \alpha_1 \frac{V^2}{2} \Big|_1^2 = \frac{\alpha_1 (V_2^2 - V_1^2)}{2} = \frac{12Q}{2n} - \frac{5Q}{2} = \frac{Q}{14} \left(\frac{12}{n} - 5 \right)$$

$$A = A_{1-2} - Q - |A_{3-4}|, \text{ где } A - \text{ вся работа}$$

$$|A_{4-1}|$$

$$A_{3-4} = \frac{\alpha_2 (V_4^2 - V_3^2)}{2} = \frac{\alpha_2}{2} \left(\frac{12Q}{7} - \frac{5Q}{2} \right) = \frac{Q}{14} \left(12 - \frac{5}{n} \right)$$

$$A = \frac{Q}{14} \left(\frac{12}{n} - 5 + 12 - \frac{5}{n} - 14 \right) = \frac{Q}{14n} \left(\frac{12}{7} - \frac{5}{2} \right) = \frac{Q}{2n} (1 - n)$$

$$= -\frac{Q}{3}$$

$$4) \eta = \frac{A}{Q_+} \quad Q_+ - \text{ подведенное тепло}$$

$$Q_+ = A_{1-2} + n \partial R (\tau_2 - \tau_1) = \frac{\alpha_1 (V_2^2 - V_1^2)}{2} + n \alpha_1 (V_2^2 - V_1^2)$$

$$\partial R \tau_2 = \alpha_1 V_2^2$$

$$\partial R \tau_1 = \alpha_1 V_1^2$$

$$= \frac{\alpha_1}{2} 2n \alpha_1 (V_2^2 - V_1^2) \left(\frac{1}{2} + n \right) =$$

$$= -\frac{\alpha_1 Q}{2} \left(\frac{5}{2} \right) = -\frac{\alpha_1 Q}{2}$$

$$\eta = \frac{2}{3} \quad \text{Ответ: } 3; -\frac{Q}{3}; \frac{2}{3}$$



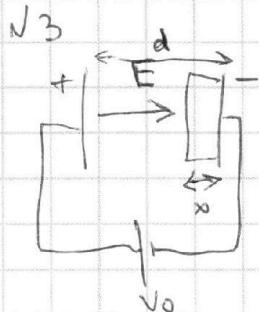
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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



$$V_0 = E(d-x) + \frac{Ex}{\epsilon} = Ed + Ex\left(\frac{1}{\epsilon} - 1\right)$$

$$E_1 = 5 \frac{kV}{m} \quad x_1 = 0 \text{ mm}$$

$$E_2 = 9 \frac{kV}{m} \quad x_2 = 6 \text{ mm}$$

$$V_0 = E_1 d = 45 \text{ V}$$

~~$$\text{Dann } V_0 = E_2 d + E_2 x_2 \left(\frac{1}{\epsilon} - 1 \right)$$~~

$$\frac{V_0}{E_2} - d + 1 = \frac{1}{\epsilon} = \frac{5-9}{6} + 1 = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$

$$\epsilon = 3$$

Ответ: $45 \text{ V} = V_0 ; \epsilon = 3$

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!

N 4

$$L \frac{dI}{dt} + RI = R I_1 - \frac{dB}{dt} \sin \theta + L I_1$$

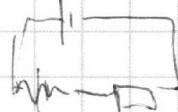
$$RI = \frac{dB}{dt} \sin \theta$$

$$RI = R S_{1,n}$$

если это возрастает линейно, то $\frac{dB}{dt} = \text{const}$

$$1) L \frac{dI}{dt} = RI = L \frac{dI}{dt}$$

$$I dt = dq$$



$$R dq = L dI$$

$$R q = L I_1 \quad q = \frac{L I_1}{R}$$

$$- \frac{dB}{dt} S_{1,n} + L \frac{dI}{dt} = RI$$

$$2) RI = - \frac{dB}{dt} \cdot S_{1,n}$$

$$R dt \cdot I = - dB S_{1,n}$$

$$R dq = - dB S_{1,n}$$

$$I = \alpha t, \text{ т.к. линейно}$$

$$- \frac{dB}{dt} = \frac{B_1}{T}$$

$$\frac{B_1 S_{1,n}}{T} - L \frac{dI}{dt} = \alpha T R$$

$$\frac{B_1 S_{1,n}}{T} = \alpha T R$$

$$\frac{L I_1}{T^2 R} = \alpha$$

$$I = \frac{L I_1}{T^2} - \frac{L I_1}{4 T}$$

$$= \frac{3 I_1}{4 T}$$

$$L \frac{dI}{dt} = RI - \frac{dB}{dt} \quad ?$$

Ответ: $\frac{3 I_1}{4 T}$; $\frac{L I_1}{T}$; $\frac{L I_1}{S_{1,n}}$

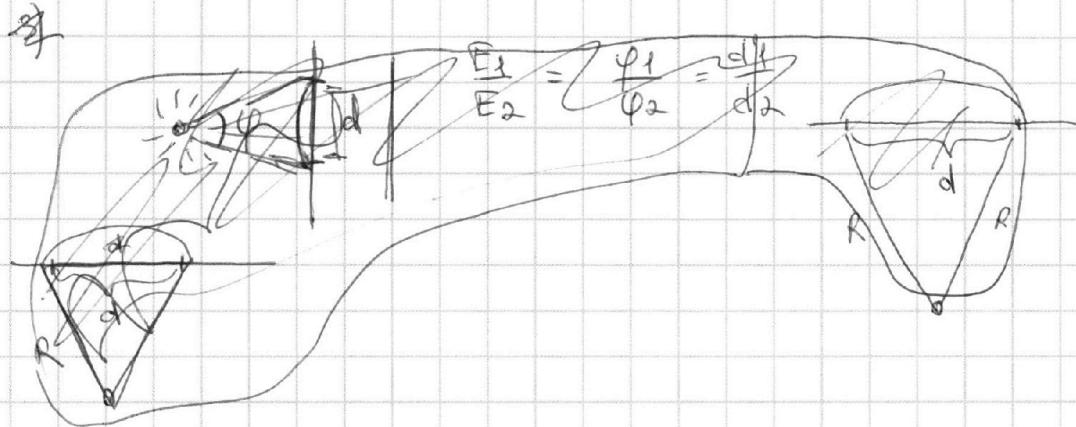


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 2

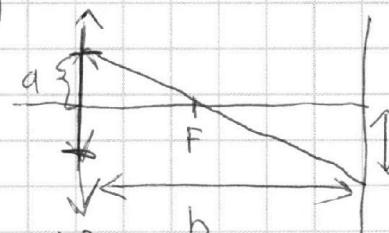
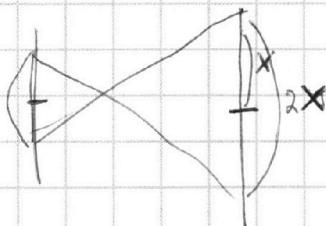
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!



3) ∇ к расстоянию от источника ~~наименьшего~~ диаметра пучка, то будем считать, что энергия света проходит ~~одинаково~~ через каплю \Rightarrow одна и та же $\Rightarrow c = \text{const}$

$$E = \frac{E_{cb}}{\pi x^2}$$

будем считать каплю сфер. линзой, тогда:



$$\frac{a}{F} = \frac{x}{b-F}$$

$$\frac{a(b-F)}{F} = x$$

$$a = \text{const}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{x_2^2}{x_1^2} = \frac{(b-F_2)^2 \cdot F_1^2}{F_2^2 (b-F_1)^2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_1 = \frac{b}{1+F_1} \\ = \frac{24}{1+\frac{5}{3}} \\ = \frac{3 \cdot 24 \cdot 3}{8} = 9 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} F_2 = \frac{b}{1+F_2} \\ = \frac{6 \cdot 24 \cdot 3}{4} = 18 \end{array} \right.$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{(24-18)^2 \cdot 9^2}{18^2 \cdot (24-9)^2} = \frac{6^2 \cdot 9^2}{15^2 \cdot 15^2} = \frac{3^2 \cdot 2^2 \cdot 9^2}{5^2 \cdot 5^2 \cdot 2^2 \cdot 9^2} = \frac{1}{25}$$

$$\text{Ответ: } \frac{Rn}{n-1}; 2; \frac{1}{25}$$

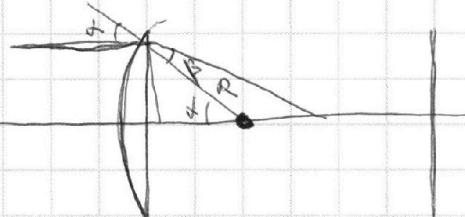
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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!

N5



$$1) \sin \alpha = n \sin \beta \quad R \sin \alpha \quad F.K. \alpha \text{ и } \beta \text{ неизвестны}$$

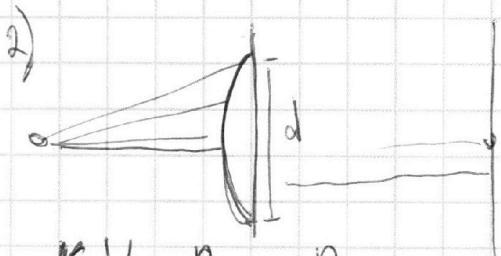
$$\frac{F}{R \sin \alpha} = \tan\left(\beta + \frac{\pi}{2} - \alpha\right) \quad \cos \beta = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \beta}{n^2}}$$

$$F = R \sin \alpha \cdot \tan\left(\beta + \frac{\pi}{2} - \alpha\right) = R \sin \alpha \cdot \frac{\sin \beta \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) + \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \cos \beta}{\cos\left(\beta + \frac{\pi}{2} - \alpha\right)}$$

$$= R \sin \alpha \cdot \frac{\sin \beta \sin \alpha + \cos \alpha \cos \beta}{\cos \beta \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) - \sin \beta \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)} = R \sin \alpha \cdot \frac{\sin \beta \sin \alpha + \cos \alpha \cos \beta}{\cos \beta \sin \alpha - \sin \beta \cos \alpha}$$

$$= R \sin \alpha \cdot \frac{\frac{\sin^2 \alpha}{n} + \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2 \alpha}{n^2}} \sin \alpha - \frac{\sin \alpha}{n} \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} \\ = R \cdot \frac{\frac{\sin^2 \alpha}{n} + \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} \cdot \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \alpha}{n^2}}}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2 \alpha}{n^2}} - \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{n}} = \frac{R}{1 - \frac{1}{n}} = \frac{Rn}{n-1}$$

F.K. α - маленький угол



$$\frac{b-F}{F} = \Gamma \quad \frac{b}{1+\Gamma} = F$$

$$KV + R_0 = R$$

$$\frac{b-F}{1+\Gamma} = F = \frac{Rn}{n-1} \quad \frac{b(n-1)}{(1+\Gamma)n} = KV + R_0 \quad V = \frac{b(n-1)}{(1+\Gamma)n} - R_0$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{b(n-1)}{(1+\Gamma_2)n} - R_0}{\frac{b(n-1)}{(1+\Gamma_1)n} - R_0} = \frac{\frac{b}{4\Gamma_2} - R_0}{\frac{b}{4\Gamma_1} - R_0} = \frac{\frac{18-2}{4} = \frac{16}{4}}{\frac{18}{5} - 2} = \frac{4}{8} = 0.5$$

$$= \frac{w}{5} = 2$$

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**.



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$P' = \alpha_1 V$$

$$P'' = \alpha_2 V$$

$$\partial R T_1 = \alpha_1 V_1^2$$

$$\partial R T_2 = \alpha_1 V_2^2$$

$$\frac{1}{2} \alpha_2 \partial R T_2 = \frac{4}{3}$$

$$\partial R T_2 = \alpha_1 V_2^2$$

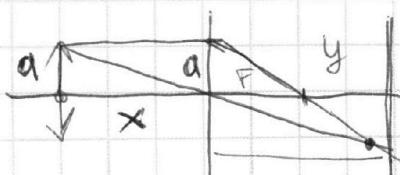
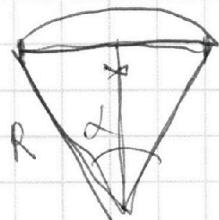
$$\alpha_1 = \frac{12}{5} \alpha_2$$

$$\frac{5Q}{\mathcal{F}_n} = \alpha_2 V_2^2$$

$$V_2^2 = \frac{5Q}{\mathcal{F}_n \alpha_2}$$

$$\frac{12Q}{\mathcal{F}} < 5Q$$

$$\alpha_1 V_2^2 - \alpha_1 V_1^2 = \frac{12Q}{\mathcal{F}_n} - \frac{5}{3} Q$$



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

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!

$$Q_{12} = A_{12} + \kappa \partial R (T_2 - T_1) \quad | F.$$

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin 30 \cos 60 + \cos 30 \sin 60$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\cos(30+60) = \cos 30 \cdot \cos 60 - \sin 30 \sin 60$$

$$\cos 30 + 60 = \frac{3}{4} - \frac{1}{4} \quad |$$

$$\frac{3\cancel{8} \cdot 24 \cdot 3}{2 \cdot 4 \cdot 4} - 2 = \frac{9}{2} - 2$$

$$\frac{324 \cdot 3}{4 \cdot 4} - 2 = \frac{9}{4} - 2$$

$$V_4^2 = \frac{12^2}{5^2} \cdot V_1^2 + \frac{18 - 8}{9 - 4}$$

$$\frac{12^2}{5^2} \cdot \frac{8Q}{\mathcal{F}_n \alpha_1} = V_4^2$$

$$\alpha_2 V_4^2 =$$

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} \cdot \frac{12^2 Q}{5 \cdot 7}$$

$$\frac{12Q}{\mathcal{F}} = \alpha_2 V_4^2$$

$$\frac{\alpha R^2}{2} = S$$

$$\frac{R \cos \frac{\alpha}{2} \cdot x}{2} = R \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$\frac{\alpha R^2}{2} - \frac{R \times \cos \frac{\alpha}{2}}{2} = \text{const}$$

$$\frac{a}{F} = \frac{b}{y-F} \quad | \frac{F}{4}$$

$$\frac{\alpha R^2}{2} - \frac{R^2 \sin \alpha}{4} = \text{const}$$

$$\frac{\alpha R^2}{b} = \frac{xF}{b}$$



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!