



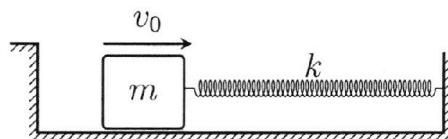
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



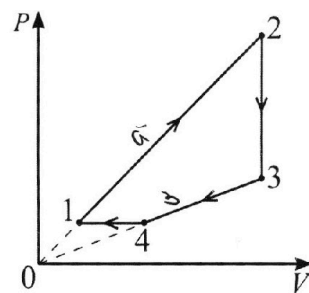
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой m прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью k (см. рис.). Уступ находится на таком расстоянии от тела, что если тело прижать к уступу и отпустить без начальной скорости, то положение равновесия тело пройдет со скоростью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

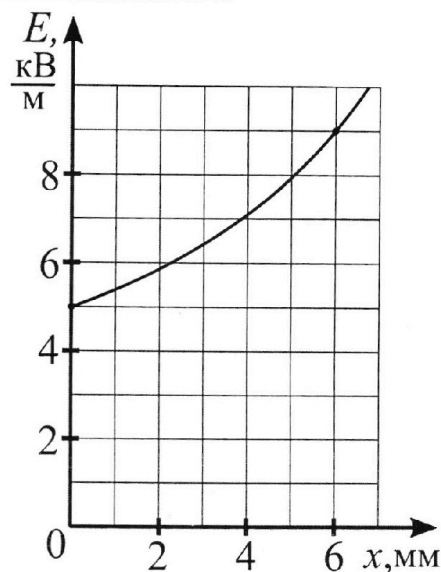
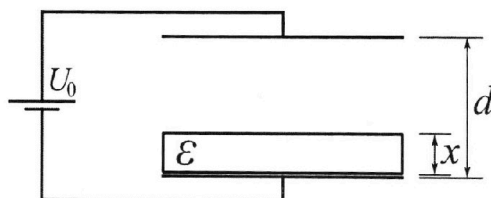
В ответе те допустимы обратные тригонометрические функции.

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.



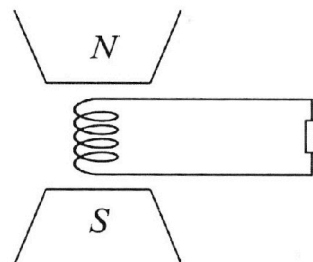
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



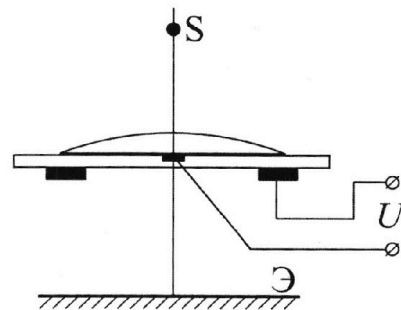
4. Катушка индуктивностью L с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением R . Внешнее поле выключают в течение времени τ . За время выключения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

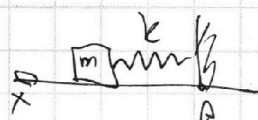
6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
3 из 4

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!

уп-е гвзвжжжж



$$m\ddot{x} = -k(x - x_0)$$

$$z = x - x_0 ; \ddot{z} = \ddot{x}$$

$$m\ddot{z} + kz = 0$$

$$z = A_1 \sin \omega t + B_1 \cos \omega t$$

$$x = x_0 + A_1 \sin \omega t + B_1 \cos \omega t ; \dot{x} = \omega (A_1 \cos \omega t - B_1 \sin \omega t)$$

$$x(0) = x_0 \Rightarrow B_1 = 0$$

$$\dot{x}(0) = \frac{-23v_0}{g} = A_1 \omega ; A_1 = \frac{-23v_0}{g\omega}$$

$$x = x_0 - \frac{23v_0}{g\omega} \sin \omega t$$

$$x(t_L) = L = x_0 - \frac{23v_0}{g\omega} \sin \omega t_L$$

$$L - x_0 = -\frac{23v_0}{g\omega} \sin(\omega t_L) = \frac{v_0}{\omega} ; \omega t_L > \pi$$

$$\sin \omega t_L = \frac{-g}{23} ; t_L = \frac{1}{\omega} \arcsin\left(\frac{-g}{23}\right) =$$

$$= \frac{1}{\omega} \left(\pi + \arcsin \frac{g}{23} \right)$$

после 1 столкновения: будем отсчитывать время
по времени Δt , $\Delta t = t - t_L$

$$x = x_0 + A_2 \sin \omega t + B_2 \cos \omega t ; \dot{x} = \omega (A_2 \cos \omega t - B_2 \sin \omega t)$$

$$x(0) = L = x_0 + B_2 \quad \text{где} \quad E_{k1} = \frac{mv_{1L}^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} \cdot \frac{40}{g}$$

$$\dot{x}(0) = -v_{1L} = A_2 \omega$$

$$v_{1L} = v_0 \sqrt{\frac{40}{g}} = \frac{2v_0}{3} \sqrt{10}$$



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
4 ИЗ 4

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!

$$B_2 = L - x_0 = \frac{v_0}{\omega} ; A_2 = \frac{-v_0}{\omega} \cdot \frac{2\sqrt{10}}{3}$$

$$x(\Delta t) = x_0 - \frac{v_0}{\omega} \cdot \frac{2\sqrt{10}}{3} \operatorname{sh} \omega \Delta t + \frac{v_0}{\omega} \operatorname{ch} \omega \Delta t$$

$$x(\Delta t_p) = x_0 - \frac{v_0}{\omega} \cdot \frac{2\sqrt{10}}{3} \operatorname{sh} \omega \Delta t_p + \frac{v_0}{\omega} \operatorname{ch} \omega \Delta t_p$$

$$\frac{v_0}{\omega} \cdot \frac{2\sqrt{10}}{3} \operatorname{sh} \omega \Delta t_p = \frac{v_0}{\omega} \operatorname{ch} \omega \Delta t_p$$

$$\operatorname{tg}(\omega \Delta t_p) = \frac{3}{2\sqrt{10}} ; \Delta t_p = \frac{1}{\omega} \operatorname{arctg}\left(\frac{3}{2\sqrt{10}}\right)$$

$$t_s = t_L + \Delta t_p = \frac{1}{\omega} \left(\pi + \operatorname{arcsch}\left(\frac{9}{23}\right) + \operatorname{arctg}\left(\frac{3}{2\sqrt{10}}\right) \right)$$

$$\text{Ответ: 1) } \Delta x_m = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \frac{23v_0}{9} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$2) v_2 = \frac{4\sqrt{2}}{\sqrt{7}} v_0$$

$$3) t_1 = \sqrt{\frac{m}{k}} \left(\pi + \operatorname{arcsch}\left(\frac{9}{23}\right) + \operatorname{arctg}\left(\frac{3}{2\sqrt{10}}\right) \right)$$



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

1 2 3 4 5 6 7
☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
 2 из 4

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!

ЗСЭ:

$$\frac{m}{2} \cdot \left(\frac{23v_0}{9} \right)^2 = \frac{k(L-x_0)^2}{2} + E_{k0} = \frac{mv_0^2}{2} + E_{k0}$$

$$\frac{k(L-x_0)^2}{2} + E_{k1} = \frac{m}{2} \left(\frac{7v_0}{3} \right)^2$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + E_{k1} = \frac{m}{2} \cdot \left(\frac{7v_0}{3} \right)^2$$

$$E_{k0} = \frac{mv_0^2}{2} \left(\frac{23^2}{9^2} - 1 \right)$$

$$E_{k1} = \frac{mv_0^2}{2} \left(\left(\frac{7}{3} \right)^2 - 1 \right) = \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{40}{9}$$

$$\beta = \frac{E_{k1}}{E_{k0}} = \frac{\frac{7^2}{3^2} - 1}{\frac{23^2}{9^2} - 1} = \frac{7^2 \cdot 3^2 - 9^2}{23^2 - 9^2} = \frac{45}{56}$$

ЗСЭ: ~~задача~~ ~~задача~~: все 2 ~~задача~~

$$\frac{k(L-x_0)^2}{2} + E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$E_{k2} = \beta E_{k1} = \beta \cdot \frac{mv_0^2}{2} \cdot \left(\frac{7^2}{3^2} - 1 \right)$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + \beta \cdot \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{49-9}{9} = \frac{mv_2^2}{2} \quad | : \left(\frac{m}{2} \right)$$

$$v_0^2 + \frac{40\beta}{9} v_0^2 = v_2^2 = v_0^2 \left(1 + \frac{40}{9} \cdot \frac{45}{56} \right) = v_0^2 \left(1 + \frac{5 \cdot 20}{28} \right) =$$

$$= v_0^2 \left(1 + \frac{5 \cdot 10}{14} \right) = v_0^2 \left(1 + \frac{5 \cdot 5}{7} \right) = v_0^2 \cdot \frac{7+25}{7} = v_0^2 \cdot \frac{32}{7}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 32}{7}} v_0$$

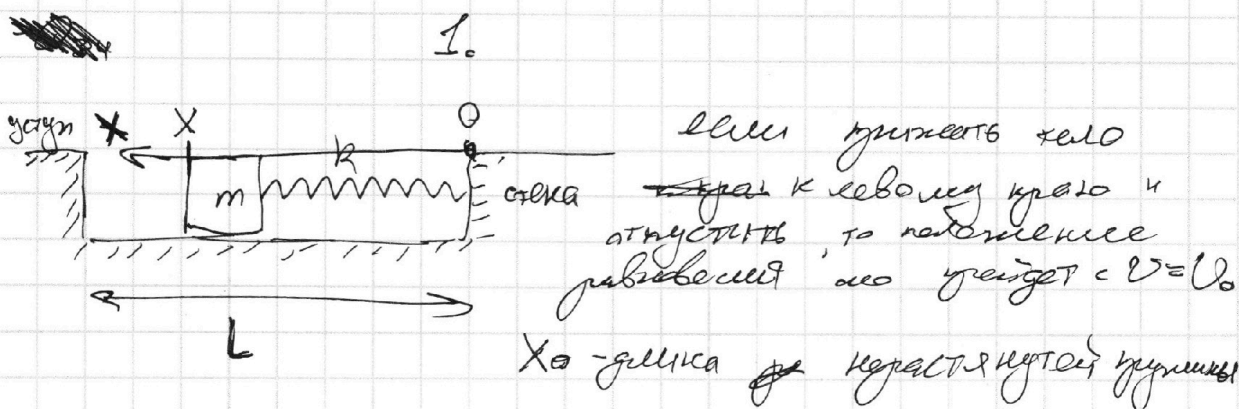


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 4

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!



ЗСЭ:

$$\frac{k(L-X_0)^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2}, \text{ обозначим } \frac{k}{m} = \omega^2$$

$$(L-X_0)^2 = \frac{v_0^2}{\omega^2}; \quad L-X_0 = \frac{v_0}{\omega}$$

сохраним телу скорость $\frac{23v_0}{9}$ вправо, и оно имеет кин. энергию E_{k0} перед столкновением и E_{k1} после столкновения (первого)

по усл. $\frac{E_{k1}}{E_{k0}} = \beta$

пружина максимально сожмётся, когда ~~и скорость~~ скорость тела будет равна 0.

ЗСЭ:

$$\frac{m}{2} \left(\frac{23v_0}{9} \right)^2 = \frac{k(X_m - X_0)^2} {2} \quad \Delta X_m = X_0 - X_m$$

$$\frac{m}{2} \cdot \frac{23^2}{9^2} \cdot v_0^2 = \frac{k}{2} \cdot \Delta X_m^2 \quad \Rightarrow \quad \Delta X_m^2 = \frac{m}{k} \cdot \left(\frac{23v_0}{9} \right)^2$$

$$\Delta X_m = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \frac{23v_0}{9}$$



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!

$$b = \frac{aV_1}{V_4} : \frac{V_4}{V_1} = \frac{a}{b} = \frac{12}{5} \quad | \Rightarrow V_4 = \frac{12}{5} V_1$$

$$4V_1 \cdot V_4 = 3V_2^2$$

$$4V_1 \cdot \frac{12}{5} V_1 = 3V_2^2$$

$$16V_1^2 = 3V_2^2 \quad | \Rightarrow V_1 = V_2 \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$T_3 = \frac{5}{12} T_2$$

$$\nu RT_1 = aV_1^2 ; \quad \nu RT_2 = aV_2^2$$

$$\frac{\nu RT_1}{\nu RT_2} = \frac{T_1}{T_2} = a \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 = \frac{5}{16} \quad | \Rightarrow T_1 = \frac{5}{16} T_2$$

$$\nu RT_4 = bV_4^2 ; \quad \nu RT_3 = bV_3^2 = bV_2^2$$

$$\frac{\nu RT_4}{\nu RT_3} = \frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{V_4}{V_2} \right)^2 = \left(\frac{\frac{12}{5} V_1}{V_2} \right)^2 = \left(\frac{12}{5} \right)^2 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 = \left(\frac{12}{5} \right)^2 \cdot \frac{5}{16} =$$

$$= \frac{3^2 \cdot 4^2 \cdot 5}{5^2 \cdot 4^2} = \frac{3^2}{5} = \frac{9}{5} ; \quad T_4 = \frac{9}{5} T_3 = \frac{9}{5} \cdot \frac{5}{12} T_2 = \frac{3T_2}{4}$$

$$A = |Q_H| - |Q_X| \quad - \text{ работа в цикле}$$

Q_H - теплота подвед. за цикл, Q_X - теплота отв. за цикл,

$$Q_H = Q_{12} = \nu C \cdot (T_2 - T_1) = \frac{7\nu R}{2} \left(T_2 - \frac{5}{16} T_2 \right) = \frac{7\nu RT_2}{2} \cdot \frac{11}{16}$$

$$\cancel{Q_{12}} = \cancel{Q_{41}} = \nu C_p (T_1 - T_4) = 4\nu R \left(\frac{5}{16} T_2 - \frac{3}{4} T_2 \right) =$$

$$= \nu RT_2 \left(\frac{5}{4} - 3 \right) = \nu RT_2 \left(\frac{5-12}{4} \right) = -\frac{7\nu RT_2}{4}$$

$$\cancel{Q_{12}} - Q_{34} = \nu C (T_4 - T_3) = \frac{7\nu R}{2} \left(\frac{3}{4} T_2 - \frac{5}{12} T_2 \right) =$$



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
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!

В процессе 4-1: $P = \text{const}$, тогда $C_{41} = C_p$,
где C_p - мав. теплоёмкость при пост. давлении; по ур-но
Майера: $C_p = C_v + R = 4R$

Для процесса 4-1: $-Q = \nu C_p (T_1 - T_4)$

1-2: $Q_{12} = \nu C (T_2 - T_1)$; $Q_{12} > 0$ - подводимое тепло
т.к. $P \uparrow$; $V \uparrow$, то $dQ_{12} > 0$

2-3: $-Q = \nu C_v (T_3 - T_2)$

3-4: $-Q_{34} = \nu C (T_4 - T_3)$; $Q_{34} > 0$ - отдаваемое
тепло.
по усл. $\frac{T_2}{T_3} = \frac{12}{5}$ т.к. $P \downarrow$; $V \downarrow$, то $dQ_{34} > 0$

Пусть в процессе 3-4: $P = bV$, т.к. $P \sim V$

$P_4 = bV_4$; $P_3 = bV_3$; из ур-на м.к.: $\nu RT_4 = bV_4^2$

$\nu RT_3 = bV_3^2$; $P_1 = aV_1$; $P_2 = aV_2$; $\nu RT_1 = aV_1^2$; $\nu RT_2 = aV_2^2$

4-1: $-Q = 4\nu R \left(\frac{aV_1^2}{\nu R} - \frac{bV_4^2}{\nu R} \right) = 4(aV_1^2 - bV_4^2)$

2-3: $-Q = 3\nu R \left(\frac{bV_3^2}{\nu R} - \frac{aV_2^2}{\nu R} \right) = 3(bV_3^2 - aV_2^2)$

$b = \frac{aV_1}{V_4}$

$V_2 = V_3$, т.к. на 2-3 $V = \text{const}$, $P_3 = P_4 \Leftrightarrow aV_3 = bV_4$

$-Q = 4 \left(aV_1^2 - \frac{aV_1}{V_4} \cdot V_4^2 \right) = 4(aV_1^2 - aV_1V_4) = 4aV_1(V_1 - V_4)$
т.к. на 4-1 $P = \text{const}$

$-Q = 3 \left(\frac{aV_1}{V_4} V_2^2 - aV_2^2 \right) = 3aV_2^2 \left(\frac{V_1}{V_4} - 1 \right)$

приравниваем ур-я: т.к. для равенств $-Q$

$4aV_1(V_1 - V_4) = 3aV_2^2 \left(\frac{V_1 - V_4}{V_4} \right) \Rightarrow 4V_1V_4 = 3V_2^2$

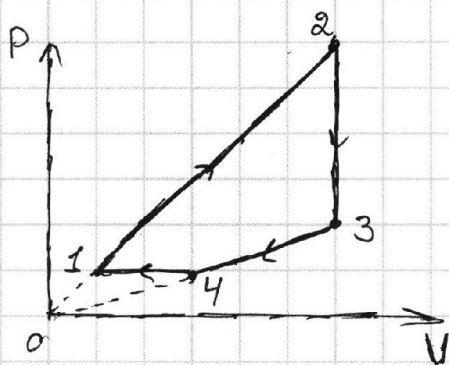
$\frac{T_2}{T_3} = \frac{12}{5}$; $\frac{T_2}{T_3} = \frac{\nu RT_2}{\nu RT_3} = \frac{aV_2^2}{bV_3^2} = \frac{a}{b} = \frac{12}{5}$, т.к. $V_2 = V_3$: $\frac{a}{b} = \frac{12}{5}$



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!



№2

т.к. участок процесса 1-2 проходит через O, то $P \sim V$
 Пусть $P = aV$, где a - универсальный коэффициент участка 1-2
 По уравнению Менделеева-Клапейрона: (М.-К.)

$$PV = \nu RT, \text{ подставим } P$$

$$aV^2 = \nu RT, \text{ дифференцируем:}$$

$$2aVdV = \nu R dT \quad \Rightarrow \quad dT = \frac{2aVdV}{\nu R}$$

из закона термодинамики: $dQ = dU + dA$

$$dQ = \nu C dT; \quad dU = \nu C_V dT, \text{ где } C_V -$$

- молярная теплоёмкость при const. объёме.

ν - кол-во в-ва [моль]; $dA = p dV$

$$\nu C dT = \nu C_V dT + p dV, \text{ подставим } dT \text{ и } p:$$

$$\nu C \cdot \frac{2aVdV}{\nu R} = \nu C_V \cdot \frac{2aVdV}{\nu R} + aVdV \quad | : aVdV$$

$$\frac{2\nu C}{\nu R} = \frac{2\nu C_V}{\nu R} + 1 \quad \Rightarrow \quad C = C_V + \frac{R}{2} \quad \Rightarrow \quad C_V = C - \frac{R}{2} =$$

$$= \frac{7R}{2} - \frac{R}{2} = 3R, \text{ также заметим, что если процесс } P \sim V$$

то молярная теплоёмкость не зависит от универс. коэф-та
 Значит в процессе 3-4 теплоёмкость также C .

Процесс 2-3 - изохора, значит $V = \text{const}$, значит $C_{23} = C_V = 3R$



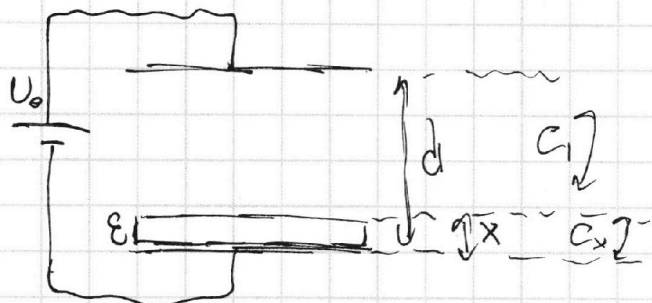
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

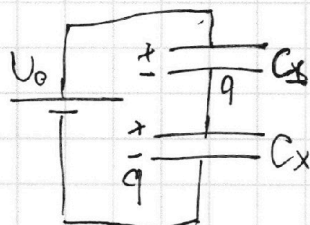
СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

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!

3.



Эту систему можно представить, как 2 конденсатора, соединенных параллельно.



$$C_x = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x} ; C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d-x}$$

$$\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_x} = \frac{x}{\epsilon \epsilon_0 S} + \frac{d-x}{\epsilon_0 S} = \frac{x + \epsilon(d-x)}{\epsilon \epsilon_0 S} = \frac{\epsilon d + (1-\epsilon)x}{\epsilon \epsilon_0 S}$$

$$q = U_0 C_{\text{общ}} = U_1 C_1 ; E_1 = \frac{U_1}{d-x} = \frac{U_0 C_{\text{общ}}}{C_1 (d-x)}$$

U_1 - напряжение на C_1 ; E_1 - поле в нём.

$$C_{\text{общ}} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\epsilon d + (1-\epsilon)x} ; C_1 (d-x) = \epsilon_0 S$$

$$E_1 = \frac{U_0 \cdot \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\epsilon d + (1-\epsilon)x}}{\epsilon_0 S} = \frac{\epsilon U_0}{\epsilon d + (1-\epsilon)x}$$

при $x=0$, $E_1 = E_0 = 5 \frac{\text{кВ}}{\text{м}} = 5 \frac{\text{В}}{\text{мм}}$ из графика

$$E_0 = \frac{\epsilon U_0}{\epsilon d} = \frac{U_0}{d} \Rightarrow U_0 = E_0 d = 5 \frac{\text{В}}{\text{мм}} \cdot 9 \text{ мм} = 45 \text{ В}$$

при $x = 6 \text{ мм} = \frac{2}{3}d$: $E_1 = E_2 = 9 \frac{\text{кВ}}{\text{м}} = 9 \frac{\text{В}}{\text{мм}}$

$$E_2 = \frac{\epsilon U_0}{\epsilon d + (1-\epsilon) \cdot \frac{2}{3}d} = \frac{\epsilon E_0 d}{\epsilon d + (1-\epsilon) \frac{2}{3}d} \neq$$



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!

$$\frac{E_g}{E_0} = \frac{\epsilon d}{\epsilon d + (1-\epsilon)\frac{2}{3}d} = \frac{\epsilon}{\epsilon + \frac{2}{3}(1-\epsilon)} = \frac{\epsilon}{\epsilon - \frac{2}{3}\epsilon + \frac{2}{3}} = \frac{3\epsilon}{\epsilon + 2}$$

$$\frac{E_g}{E_0} = \frac{9}{5} \Rightarrow \frac{3\epsilon}{\epsilon + 2} = \frac{9}{5}$$

$$15\epsilon = 9\epsilon + 18$$

$$6\epsilon = 18$$

$$\epsilon = \frac{18}{6} = 3$$

Ответ: 1) $U_0 = 45 \text{ В}$

$$\epsilon = 3$$



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
__ 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!

$$L dI_2 = -R I_2 dt = -R dq_2$$

$$L \int_{I_1}^0 dI_2 = -R \int_0^{q_*} dq_2$$

$$L I_2 \Big|_{I_1}^0 = -R q_2 \Big|_0^{q_*}$$

$$L(0 - I_1) = -R q_*$$

$$R q_* = L I_1 \quad ; \quad q_* = \frac{L I_1}{R} \quad \text{через константу.}$$

$$\text{из 42-го: } \mathcal{E} = -L \dot{I} - IR$$

$$\dot{B} n S_1 = -L \dot{I} - a t R$$

$$n S_1 \cdot \frac{dB}{dt} = -L \frac{dI}{dt} - a t R$$

$$n S_1 dB = -L dI - a R t dt$$

$$n S_1 \int_{B_0}^0 dB = -L \int_{I_1}^0 dI - a R \int_0^{\tau} t dt$$

$$n S_1 \cdot \Delta B \Big|_{B_0}^0 = -L \Delta I \Big|_{I_1}^0 - a R \frac{t^2}{2} \Big|_0^{\tau}$$

$$n S_1 (0 - B_0) = -L (I_1 - 0) - \frac{a R}{2} (\tau^2 - 0)$$

$$-n S_1 B_0 = -L I_1 - \frac{I_1}{\tau} \cdot \frac{R}{2} \cdot \tau^2 = -L I_1 - \frac{I_1 R \tau}{2}$$

$$n S_1 B_0 = L I_1 + \frac{I_1 R \tau}{2} \quad ; \quad B_0 = \frac{I_1}{n S_1} \left(L + \frac{R \tau}{2} \right)$$



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
__ 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!

~~В начале~~ ~~индукция~~ индукция магнитное от B_1 до 0,
постоянство $B_0 = B_1$

$$B_1 = B_0 = \frac{I_1}{nS_1} \left(L + \frac{Rl}{2} \right)$$

Ответ:

1) $\dot{I}_1 = \frac{I_1}{2}$

2) $q = \frac{LI_1}{R}$

3) $B_1 = \frac{I_1}{nS_1} \left(L + \frac{Rl}{2} \right)$



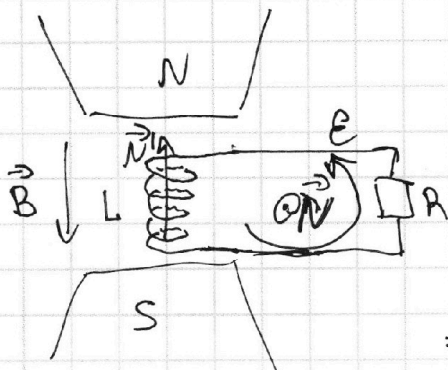
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

1 из

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



4. $\vec{N}_1; \vec{N}$ - векторы нормалей контура

Поток магнитного поля:

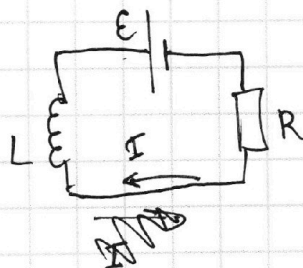
$$\Phi = (\vec{B} \cdot \vec{N}_1) \cdot n S_{\perp} = -B n S_{\perp}$$

из закона индукции Фарадея: $\mathcal{E} = -\dot{\Phi}$

направление определяется по ф-ле:

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\mathcal{E} = -\dot{\Phi} = B n S_{\perp}$$



з-н ~~Ома~~ Кирхгофа:

$$\mathcal{E} = -L \dot{I} + I R$$

т.к. В увеличивается то $\dot{B} < 0$ и $\mathcal{E} < 0$, тогда ~~$I < 0$~~
но уже ток в контуре возрастает
иногда. тогда пусть ~~$I = at$~~ $I = at$

$$\dot{I} = a = \text{const}$$

$$\text{т.к. } I(t) = I_1$$

$$\text{то } I_1 = at$$

$$a = \frac{I_1}{t}$$

$$B n S_{\perp} = -L a - at R \quad (1)$$

1) скорость возрастания тока постоянна

$$\dot{I}_1 = \dot{I} = a = \frac{I_1}{t}$$

поле выключенное поле: $\Phi = L I_2 + I_2 R$

$$L \frac{dI_2}{dt} = -I_2 R$$





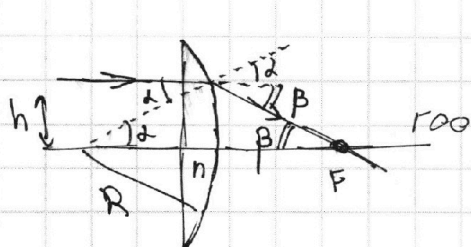
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 4

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.



в параксимальном приближении: $\alpha, \beta \ll 1$

$$\alpha \approx \sin \alpha = \frac{h}{R} \quad ; \quad \cos \alpha \approx 1$$

$$\beta \approx \sin \beta = \frac{h}{F} \quad ; \quad \cos \beta \approx 1$$

3-й случай:

$$n \sin \alpha = \sin(\alpha + \beta)$$

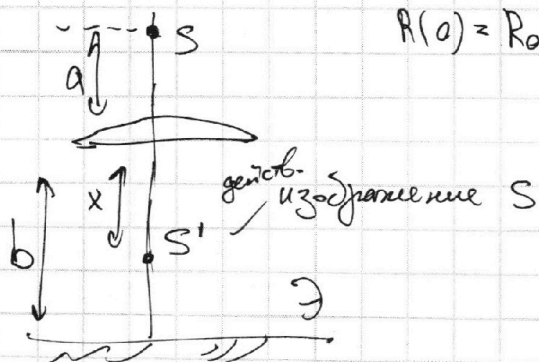
$$n \alpha = \alpha + \beta$$

$$(n-1) \cdot \alpha = \beta$$

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

$$R(U) = kU + m \quad ; \quad \text{т.к. } R \sim U$$

$$R(0) = R_0 = m$$



по формуле тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{x}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a} = \frac{a-F}{aF}$$

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

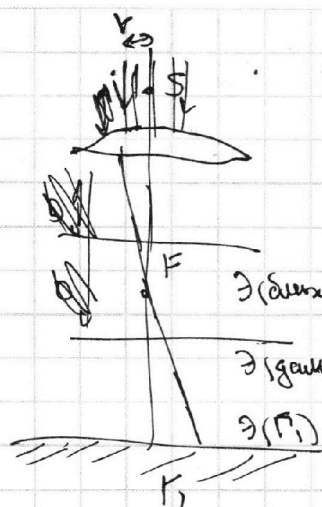


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 4

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!



пусть радиус кривизны R

т.к. источник далеко от линзы то

$$a \rightarrow \infty; \quad \frac{1}{a} \approx 0 \quad \Rightarrow \quad x = F$$

где Γ_1

из геометрии:

$$\frac{r_u}{b-F} = \frac{r}{F} \quad \Rightarrow \quad \Gamma_1 = \frac{r_u}{F} = \frac{b-F}{F}$$

$$\Gamma_1 = \frac{b}{F} - 1 = \frac{b(n-1)}{R} - 1$$

$$\frac{b(n-1)}{R} = \Gamma_1 + 1 \quad \text{где } \Gamma = \Gamma_1$$

$$R = R(U_1) = kU_1 + R_0$$

$$\frac{b(n-1)}{kU_1 + R_0} = \Gamma_1 + 1$$

Γ_2 может быть если экран ближе, чем F или дальше

1 случай: (ближе) $\frac{r_u}{F-b} = \frac{r}{F}$

$$\frac{F-b}{F} = \frac{r_u}{r} = \Gamma_2$$

$$1 - \frac{b}{F} = \Gamma_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{b}{F} = 1 - \Gamma_2 = \frac{b(n-1)}{kU_2 + R_0} = 1 - \Gamma_2$$



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
3 ИЗ 4

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!

если ε больше чем P , то по аналогии с P_1

$$\frac{b(n-1)}{kU_2 + R_0} = P_2 + 1$$

для 1 случая: выразим kU_1 и kU_2

$$kU_1 + R_0 = \cancel{\frac{b(n-1)}{P_1+1}} \frac{b(n-1)}{P_1+1}$$

$$kU_2 + R_0 = \frac{b(n-1)}{1-P_2}$$

$$kU_1 = \frac{b(n-1)}{P_1+1} - R_0 ; kU_2 = \frac{b(n-1)}{1-P_2} - R_0$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{kU_2}{kU_1} = \frac{\frac{b(n-1)}{1-P_2} - R_0}{\frac{b(n-1)}{P_1+1} - R_0} = \frac{-5}{4} = -1,25$$

для второго случая $1-P_2$ заменим на $1+P_2$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{kU_2}{kU_1} = \frac{\frac{b(n-1)}{1+P_2} - R_0}{\frac{b(n-1)}{1+P_2} - R_0} = -0,5$$

На линию попадает P мощности от источника мощности первого изобр.

$$S_1 = \pi r_1^2 = \pi r^2 P_1^2 ; S_2 = \pi r^2 P_2^2$$



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.

☐☐☐☐☒☐☐

СТРАНИЦА
4 из 4

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!

$$E = \frac{dP}{dS}$$

$$E_1 = \frac{P}{S_1} ; E_2 = \frac{P}{S_2}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{\pi r_2^2 P_2^2}{\pi r_1^2 P_1^2} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2 = \left(\frac{1/3}{5/3}\right)^2 = \left(\frac{1}{5}\right)^2 = \frac{1}{25} =$$

$$= 0,04$$

Ответ: $F = \frac{R}{n-1}$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{b(n-1)}{s-P_2} - R_0}{\frac{b(n-1)}{s+P_1} - R_0} = -1,25 ; \text{ если } F > b$$

или

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{b(n-1)}{s+P_2} - R_0}{\frac{b(n-1)}{s+P_1} - R_0} = -0,5 ; \text{ если } b > F$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2 = 0,04$$

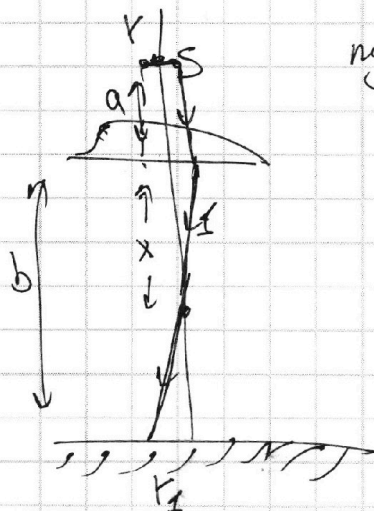


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



пусть размер светодиафрагмы r

Тогда из геометрии для луча 1:

$$\frac{r_1}{b-x_1} = \frac{r}{x_1}; \quad \frac{r_1}{r} = \rho_1$$

$$R_1 = R(U_1) = kU_1 + R_0$$

$$x_1 = \frac{aF_1}{a-F_1}; \quad F_1 = \frac{R_1}{n-1}$$

$$\frac{1}{x_1} = \frac{1}{a} - \frac{1}{F_1} = \frac{n-1}{R_1} - \frac{1}{a}$$

$$\frac{b-x_1}{x_1} = \rho_1$$

$$\frac{b}{x_1} - 1 = \rho_1 = b \left(\frac{n-1}{R_1} - \frac{1}{a} \right) \Rightarrow 1 = \rho_1$$

$$\frac{n-1}{R_1} - \frac{1}{a} = \frac{\rho_1 + 1}{b}$$

Аналогично для $U_2; R_2; \rho_2$

$$\frac{n-1}{R_2} - \frac{1}{a} = \frac{\rho_2 + 1}{b}$$

т.к. расст. от источника до линзы $\gg$ диаметра пучка света, то можно считать, что пучок параллельный $a \rightarrow \infty$

$$\frac{1}{a} \approx 0; \quad x_1 = x_2 = F$$



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!

$$\frac{9}{12} = \frac{3}{4} = 0,75$$

$$\frac{5}{12} \approx 0,42$$

$$\frac{A}{u^2} \cdot (\Gamma u + \text{Ост. } C)$$

$$\text{Ост. } C =$$

$$\frac{12}{5} = 2,4$$

$$\frac{4}{55} = \frac{4}{2,2} = \frac{2}{1,1}$$

$$\frac{24 \cdot \frac{1}{3}}{1 - \frac{1}{3}} - 2$$
$$\frac{24 \cdot \frac{1}{3}}{1 + \frac{1}{3}} - 2$$

$$= \frac{8}{2/3} - 2 = \frac{3/4 - 2}{3 - 2} =$$

$$\frac{\frac{8}{1 + 1/3} - 2}{\frac{8}{1 + 1/3} - 2} = \frac{\frac{8}{4/3} - 2}{\frac{8}{8/3} - 2} = \frac{\frac{3}{2} - 2}{3 - 2} = -0,5$$



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!

$$p = \beta V$$

$$pV = \nu RT \quad \text{и} \quad \beta V^2 = \nu RT$$

$$\nu C_V dT = \nu C_V dT + p dV$$

$$\nu RT = 2\beta V dV$$

$$\nu C - \frac{2\beta V}{R} = \nu C_V \left(\frac{2\beta V}{R} \right) + \beta V$$

$$\frac{\nu C}{R} = \frac{2\nu C_V}{R} + 1$$

$$C = C_V + \frac{R}{2}$$

$$A = Q_{12} - Q - Q_{34} - Q =$$

$$= \nu C_V (T_2 - T_1)$$

$$\begin{array}{r} 49 \\ \times 8 \\ \hline 448 \\ 81 \\ \hline 360 \end{array}$$

$$Q = \frac{E \cdot 45}{E \cdot d + (E-1) \cdot \frac{2}{3}d}$$

$$U_0 = E_0 \cdot d$$

$$Q = \frac{E \cdot 5 \cdot d}{E \cdot d + (E-1) \cdot \frac{2}{3}d}$$

$$= \frac{55E}{5E-2} = 9$$

$$5E = 55 - 6$$

$$10E = 6$$

$$= \frac{90}{55} = \frac{45}{55}$$

$$\frac{49 \cdot 9 - 81}{529 - 81} = \frac{360}{448} = \frac{580}{224} =$$

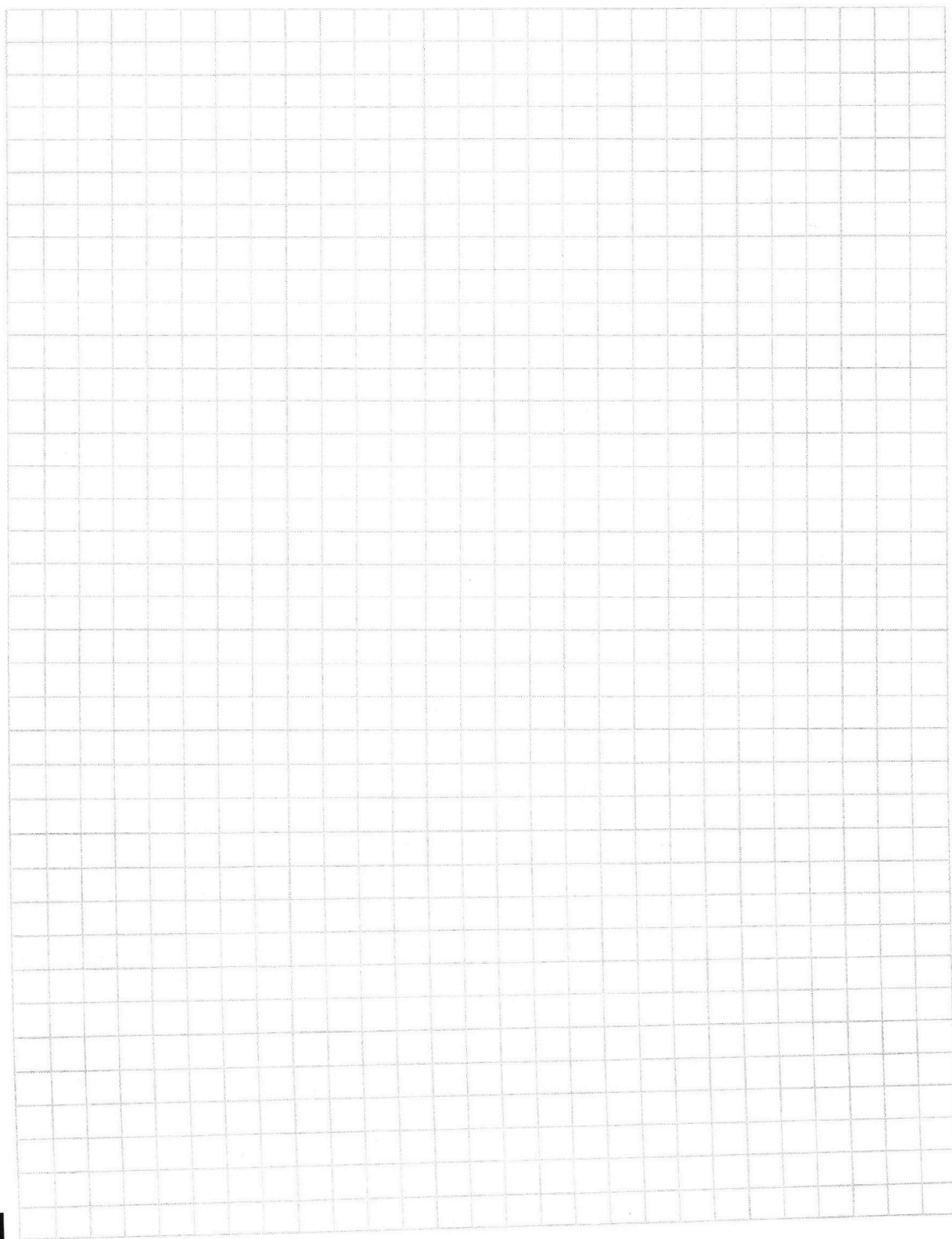


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!





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!

3.

Эту систему можно разбить на 2 конденсатора, соед. параллельно

$C_x = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d-x}$; $C_1 = C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d-x}$

$\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_x} + \frac{1}{C_1} = \frac{x}{\epsilon \epsilon_0 S} + \frac{d-x}{\epsilon_0 S} = \frac{x + \epsilon(d-x)}{\epsilon \epsilon_0 S}$

$= \frac{\epsilon d + (\epsilon-1)x}{\epsilon \epsilon_0 S}$

$C_{\text{общ}} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\epsilon d + (\epsilon-1)x}$

нап в C_1 :

$E_1 = \frac{U_1}{d-x}$

$U_0 = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_x} = \frac{q}{C_{\text{общ}}}$

$U_1 = \frac{q}{C_1} = \frac{U_0 C_{\text{общ}}}{C_1}$

$E_1 = \frac{U_1}{d-x} = \frac{U_0 C_{\text{общ}}}{C_1 (d-x)} = \frac{U_0 \cdot \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\epsilon d + (\epsilon-1)x}}{\frac{\epsilon_0 S}{d-x} \cdot (d-x)} =$

$= \frac{U_0 \epsilon \epsilon_0 S}{\epsilon_0 S (\epsilon d + (\epsilon-1)x)} = \frac{\epsilon U_0}{\epsilon d + (\epsilon-1)x}$

$E_1(x) =$



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!

~~доказательство:~~

~~$m\ddot{x} = -k(L-x)$~~
 ~~$m\ddot{x} + k(x-L) = 0$~~
 ~~$m(\ddot{x} + \omega^2(x-L)) = 0$~~
 ~~$\ddot{x} + \omega^2(x-L) = 0$~~

$x-L = A \sin \omega t + B \cos \omega t, \quad \omega^2 = \frac{k}{m}$

$x = L + A \sin \omega t + B \cos \omega t; \quad \dot{x} = \omega(A \cos \omega t - B \sin \omega t)$

по I условию: ~~$x(0) = 0 \Rightarrow B = -L$~~
 ~~$\dot{x}(0) = -\frac{23v_0}{g} \Rightarrow A = -\frac{23v_0}{g\omega}$~~

~~$x(t) = L - \frac{23v_0}{g\omega} \sin \omega t - L \cos \omega t$~~

~~$\dot{x}(t) = -\frac{23v_0}{g} \cos \omega t + L \omega \sin \omega t$~~

~~$\dot{x}(t) = \omega \left(L \sin \omega t - \frac{23v_0}{g\omega} \cos \omega t \right)$~~

~~$x(t) =$~~

~~$x(t) = L - \frac{23v_0}{g\omega} \sin \omega t - L \cos \omega t$~~

$x_0 = L + B; \quad B = x_0 - L = -\frac{v_0}{\omega}$

$\omega A = -\frac{23v_0}{g}; \quad A = -\frac{23v_0}{g\omega}$

$x(t) = L - \frac{23v_0}{g\omega} \sin \omega t - \frac{v_0}{\omega} \cos \omega t$

$x(t_2) = L = L - \frac{23v_0}{g\omega} \sin \omega t_2 - \frac{v_0}{\omega} \cos \omega t_2$