



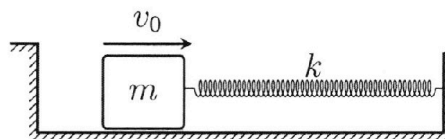
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



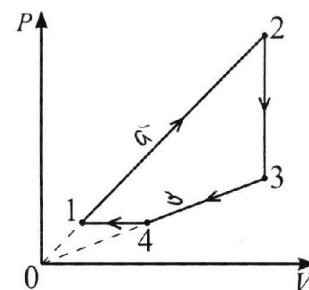
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой  $m$  прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью  $k$  (см. рис.). Уступ находится на таком расстоянии от тела, что если тело прижать к уступу и отпустить без начальной скорости, то положение равновесия тело пройдет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

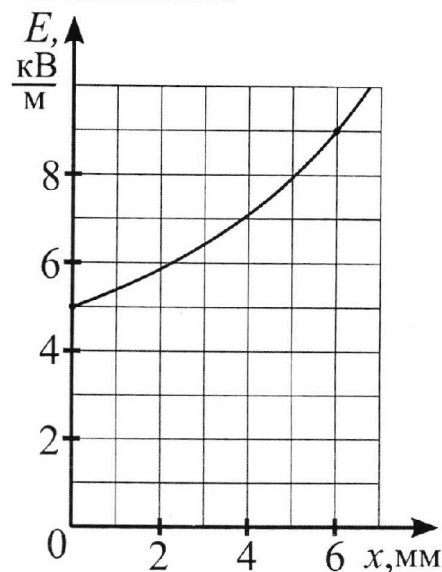
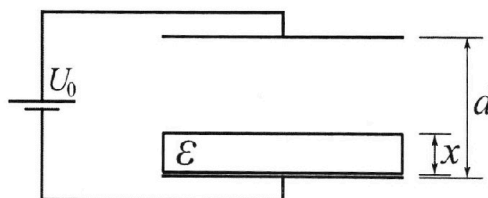
В ответе те допустимы обратные тригонометрические функции.

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  $\epsilon$  диэлектрика.



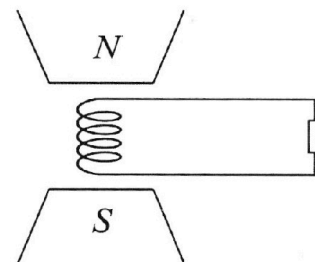
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



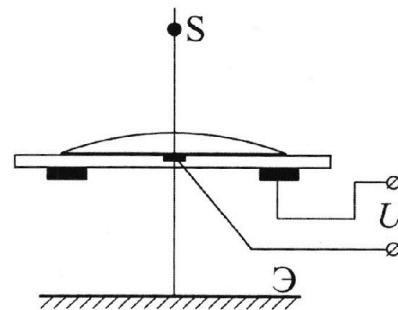
4. Катушка индуктивностью  $L$  с числом витков  $n$  и площадью каждого витка  $S_1$  находится во внешнем однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением  $R$ . Внешнее поле выключают в течение времени  $\tau$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

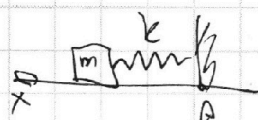


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 гравитации



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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~~

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

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

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

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

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

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

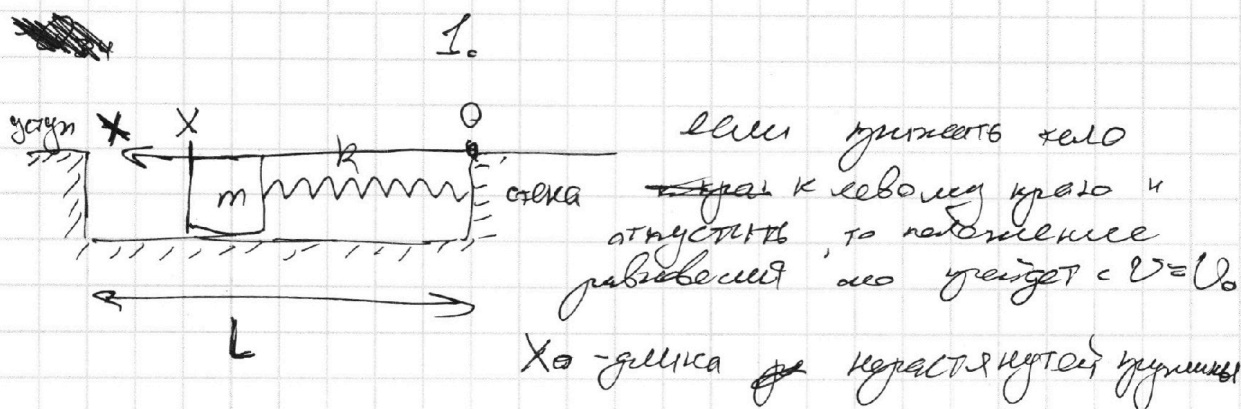


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 подв. за цикл,  $Q_X$  - теплота отв. за цикл,

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

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

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

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



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

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-е 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.  $V_2 = V_3$ :  $\frac{a}{b} = \frac{12}{5}$

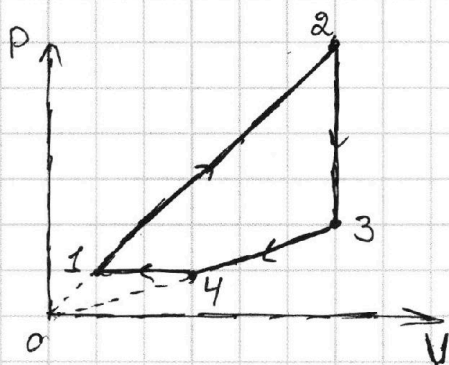




На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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.

$$\nu - \text{кол-во в-ва [моль]}; \quad dA = p dV$$

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

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

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

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

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  $C_{23} = C_V = 3R$





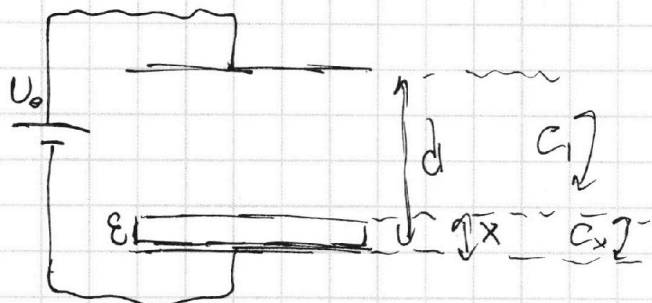
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

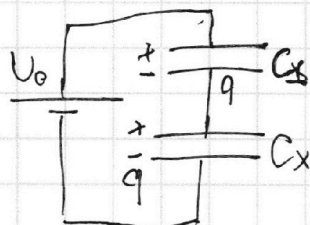
СТРАНИЦА  
1 ИЗ 1

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!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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,  
постоянно  $B_0 = B_1$

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

Ответ:

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

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

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





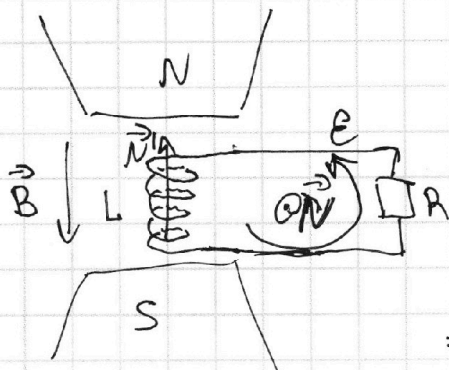
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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:

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

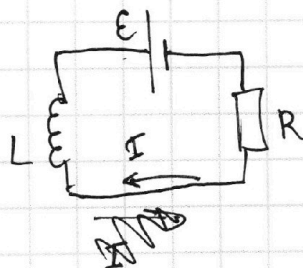
$$= -B n S_{\perp}$$

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

направление определяется по правилу :

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

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



з-н Ома Кирхгофа:

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

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

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

$$\text{т.к. } I(t) = I_1$$

$$\text{то } I_1 = at$$

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

$$\dot{B} n S_{\perp} = -La - atR \quad (1)$$

1) скорость возрастания тока постоянна

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

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

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





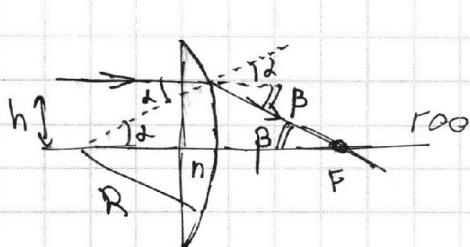
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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:

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

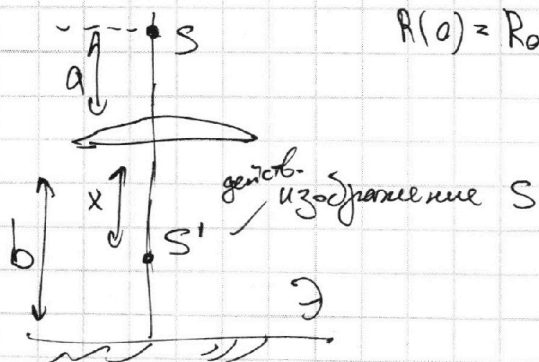
$$n \alpha = \alpha + \beta$$

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

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

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

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



по формуле тонкой линзы

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

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

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

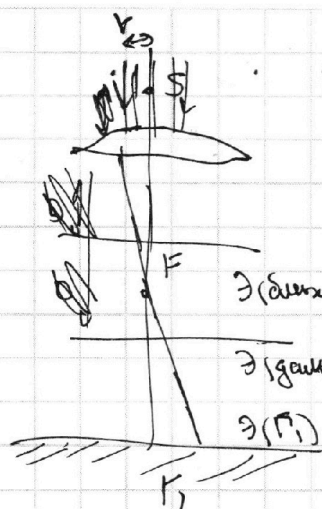


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 пучка  $r$

т.к. источник далеко от линзы то

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

где  $r_u$

из геометрии:

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

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

$$\frac{b(n-1)}{R} = r_u + 1 \quad \text{где } r_u = r_1$$

$$R = R(U_s) = kU_s + R_0$$

$$\frac{b(n-1)}{kU_s + R_0} = r_u + 1$$

$r_2$  может быть если экран ближе, чем  $F$  или дальше

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

$$\frac{F-b}{F} = \frac{r_u}{r} = r_2$$

$$1 - \frac{b}{F} = r_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{b}{F} = 1 - r_2 = \frac{b(n-1)}{kU_s + R_0} = 1 - r_2$$



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  $\varepsilon$  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!

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

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

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

$$= 0,04$$

$$\text{Ответ: } F = \frac{R}{n-1}$$

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

или

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

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

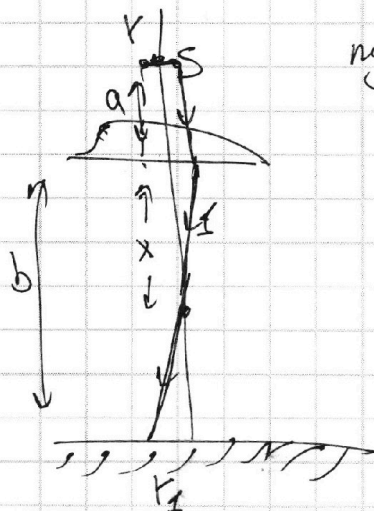


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



пусть размер светодиафрагмы  $r$

Тогда из геометрии для луча I:

$$\frac{r_1}{b-x_1} = \frac{r}{x_1}; \quad \frac{r_1}{r} = \Gamma_1$$

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

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

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

$$\frac{b-x_1}{x_1} = \Gamma_1$$

$$\frac{b}{x_1} - 1 = \Gamma_1 = b \left( \frac{n-1}{R_1} - \frac{1}{a} \right) \Rightarrow 1 = \Gamma_1$$

$$\frac{n-1}{R_1} - \frac{1}{a} = \frac{\Gamma_1 + 1}{b}$$

Аналогично для  $U_2; R_2; \Gamma_2$

$$\frac{n-1}{R_2} - \frac{1}{a} = \frac{\Gamma_2 + 1}{b}$$

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!

$$p = \beta V$$

$$; pV = \nu RT \quad \Rightarrow \quad \beta V^2 = \nu RT$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$U_0 = E_0 \cdot d$$

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

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

$$5E = 55 - 6$$

$$10E = 6$$

$$= \frac{90}{552} = \frac{45}{56}$$

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



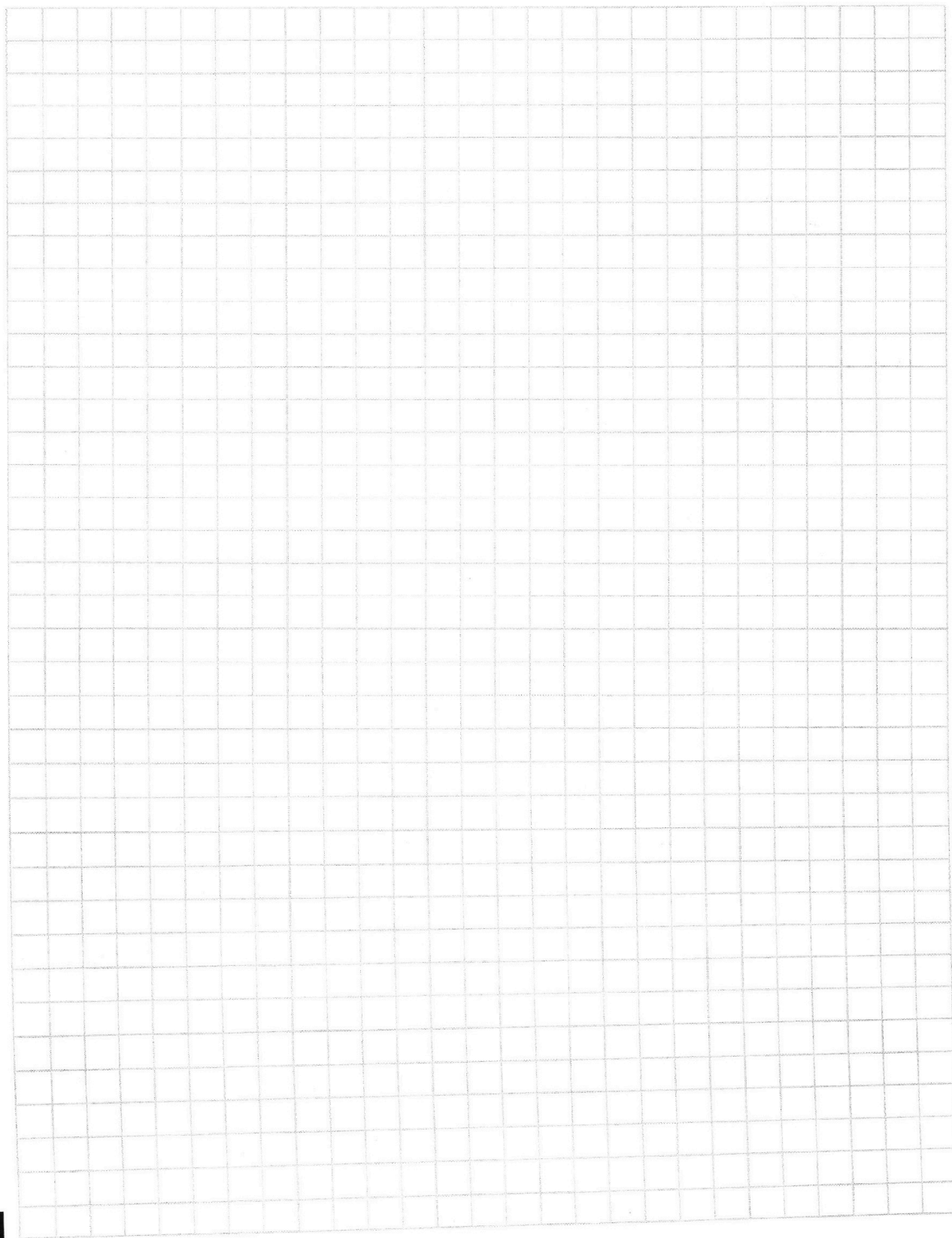


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

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





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

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

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

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

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

нал 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!

~~допущение:~~

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= -k(x-L) \\ m\ddot{x} + k(x-L) &= 0 \\ m(\ddot{x} + \omega^2(x-L)) &= 0 \\ \ddot{x} + \omega^2(x-L) &= 0 \end{aligned}$$
$$x-L = A \sin \omega t + B \cos \omega t, \quad \omega^2 = \frac{k}{m}$$

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

по I состоянию:

$$\begin{aligned} x(0) &= 0 \Rightarrow B = -L \\ \dot{x}(0) &= -\frac{23v_0}{g} \Rightarrow A = -\frac{23v_0}{g\omega} \end{aligned}$$

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

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

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

$$\dot{x}(t) =$$

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

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

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

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

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