



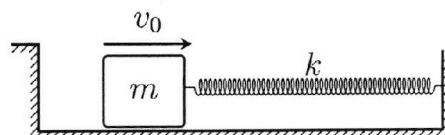
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



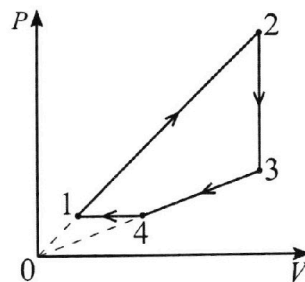
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой m прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью k (см. рис.). Уступ находится на таком расстоянии от тела, что если тело прижать к уступу и отпустить без начальной скорости, то положение равновесия тело пройдет со скоростью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

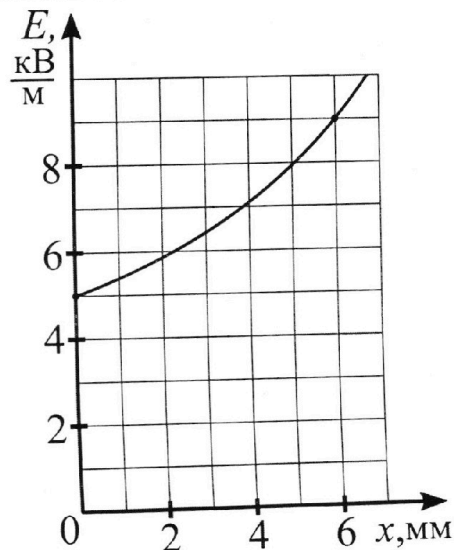
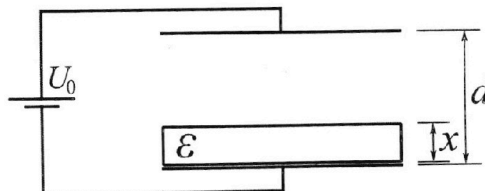
В ответе те допустимы обратные тригонометрические функции.

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



- 1) Найти молярную теплоемкость 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.



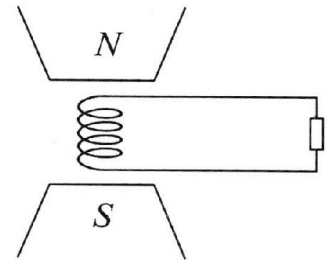
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



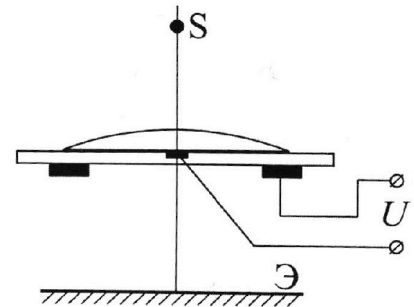
4. Катушка индуктивностью L с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением R . Внешнее поле выключают в течение времени τ . За время выключения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

Сопр отвлечением катушки и соединительных проводов пренебречь.

5. Капля электропроводящей прозрачной жидкости с показателем преломления $n = 4/3$ покоится на тонкой смачиваемой прозрачной горизонтальной диэлектрической подложке (см. рис.). Капля используется в качестве тонкой плосковыпуклой линзы для получения изображения маленького светящегося шарика-светодиода S на экране $\mathcal{E}$. Источник S можно перемещать вдоль главной оптической оси линзы. Плоскость экрана перпендикулярна оси и находится на расстоянии $b = 24$ см от линзы. Расстояние от источника до линзы значительно больше диаметра пучка света, проходящего через линзу. Если под каплей соосно расположить два электрода, так что небольшой центральный электрод непосредственно контактирует с жидкостью, а периферийный (кольцо) изолирован от неё, то можно изменять радиус R кривизны верхней поверхности линзы по линейному закону в зависимости от напряжения U , прикладываемого к электродам. При нулевом напряжении радиус кривизны $R_0 = 2$ см. При напряжении U_1 на экране получено изображение светодиода с увеличением $\Gamma_1 = 5/3$, а при напряжении U_2 получено изображение с увеличением $\Gamma_2 = 1/3$.



- 1) Выведите формулу для фокусного расстояния F плосковыпуклой тонкой линзы в зависимости от радиуса кривизны R и показателя преломления n .
- 2) Определите U_2/U_1 .
- 3) Считая, что светодиод излучает одинаковую световую мощность по всем направлениям, определите отношение средних освещённостей E_1/E_2 первого и второго изображений. Поглощением света в подложке пренебречь. Освещённость — энергия света, падающего на единицу площади в единицу времени.



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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

1 из 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!

Дано:

$$v_0$$

$$v_1 = \frac{23v_0}{9}$$

$$v_2 = \frac{7v_0}{3}$$

к

т

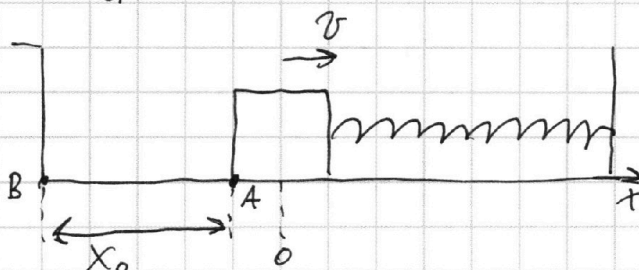
Найти:

$$1) \Delta x_{\max} - ?$$

$$2) v_3 - ?$$

$$3) t_1 - ?$$

Решение:



Изначально, во время предоставления тела скорости, она направлена вправо, тогда оно полностью сожмёт пружину и пойдёт влево.

1) По закону сохранения

кинетической энергии

$$\Delta E_k = \sum A_i = A_{\text{пр}}$$

ΔE_k - изменение кин. энергии

тела

$A_{\text{пр}}$ - работа по сжатию пружины

$$0 - \frac{m v_0^2}{2} \cdot \left(\frac{23}{9}\right)^2 = - \frac{k x_{\max}^2}{2}$$

$$0 - \frac{m v^2}{2} = - \frac{k x_{\max}^2}{2} \Rightarrow \text{для нашего случая } 0 - \frac{m v_0^2}{2} \cdot \left(\frac{23}{9}\right)^2 = - \frac{k x_{\max}^2}{2}$$

$$\text{отсюда } \Delta x_{\max} = \frac{23v_0}{9} \sqrt{\frac{m}{k}}, \text{ к слову циклической}$$

частота колебаний из-за ударов не меняется!

(т.к. она зависит лишь от параметров пружины и массы тела)

2) По тому же принципу определим начальное расстояние пружины x_0

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{k x_0^2}{2} \Rightarrow x_0 = v_0 \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\text{Кин. энергия тела перед 1 ударом: } \left(\frac{23}{9}\right)^2 \cdot \frac{m v_0^2}{2} - \frac{k x_0^2}{2} = E_{k0}$$

$$\text{Кин. энергия тела после 1 удара: } \left(\frac{7}{3}\right)^2 \cdot \frac{m v_0^2}{2} - \frac{k x_0^2}{2} = E_{k1}$$

$$\text{Кин. энергия тела перед 2 ударом: } E_{k2} = E_{k1} \text{ (энергия не уходит)}$$

$$\text{Кин. энергия тела после 2 ударов: } E_{k3} = \frac{m v_3^2}{2} - \frac{k x_0^2}{2}$$



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.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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

Пусть $\frac{E_{k20}}{E_{k10}} = \alpha$ (из условия), тогда

$$\frac{E_{k0}}{E_{k1}} = \alpha, \text{ тогда же, } \frac{kx_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow \text{посчитаем } \alpha$$

$$\alpha = \frac{\left(\frac{23}{9}\right)^2 \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}}{\left(\frac{7}{3}\right)^2 \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}} = \frac{\left(\frac{23}{9} - 1\right)\left(\frac{23}{9} + 1\right)}{\left(\frac{7}{3} - 1\right)\left(\frac{7}{3} + 1\right)} = \frac{14/9 \cdot 32/9}{4/3 \cdot 10/3} = \frac{14 \cdot 32 \cdot 3 \cdot 3}{40 \cdot 9 \cdot 9} =$$

$$= \frac{56}{45} \Rightarrow \frac{E_{k2}}{E_{k3}} = \alpha \Leftrightarrow E_{k3} = \frac{E_{k2}}{\alpha} \Leftrightarrow \frac{mv_3^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \frac{\left(\frac{7}{3}\right)^2 \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}}{56/45}$$

отсюда $v_3^2 = \frac{49}{9} v_0^2 - 1 \cdot v_0^2 = \frac{40 v_0^2 \cdot 45}{9 \cdot 56} + v_0^2 = \frac{32}{7} v_0^2$

$$v_3 = v_0 \sqrt{\frac{32}{7}} = 4\sqrt{\frac{2}{7}} v_0$$

3) При таком движении, ~~от упругости и до~~ между ударами зависимость $x(t) = x_{\max} \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$ ($x_{\max}$ - максимальное значение пружины в конкретном случае)
до первого удара $x(t) = \frac{23}{9} v_0 \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$
причем, $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$, рассмотрим это уравнение при $x(0) = 0$

$$0 = \frac{23}{9} v_0 \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \sin(0 \cdot \varphi_0) \Rightarrow \varphi_0 = 0 \Rightarrow x(t) = \frac{23}{9} v_0 \sqrt{\frac{m}{k}} \sin \omega t$$

До первого удара проходит время $t_a = \frac{T}{2} + t_2$, где $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ (период колеб.)

~~и~~ t_2 - время движения вправо от положения равновесия до ~~следующего~~ удара
тогда $x_0 = \frac{23}{9} v_0 \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \sin \omega t_2 \Leftrightarrow v_0 \sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{23}{9} v_0 \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \sin t_2 \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$

отсюда $t_2 = \frac{1}{\omega} \arcsin\left(\frac{9}{23}\right)$, причем $\frac{T}{2} = \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$



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!

После 1 удара, зависимость $x(t)$ имеет вид:

$x(t) = \Delta x_{\max 2} \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)$, где φ_1 по аналогии с п. 1.

$$\left(\frac{7}{3}\right)^2 \frac{v_0^2}{2} = \frac{k \Delta x_{\max 2}^2}{2} \Rightarrow \Delta x_{\max 2} = \frac{7}{3} v_0 \sqrt{\frac{m}{k}}$$

~~предположим~~ пусть для этой зависимости $x(t) = 0$ при $t_0 = 0$,

тогда, $0 = \frac{7}{3} v_0 \sqrt{\frac{m}{k}} \sin(0 + \varphi_1) \Rightarrow \varphi_1 = 0$ (так можно сделать, так как колеблющаяся амплитуда)

Поэтому, время движения от $A \leftarrow B$ такое же, как от $B \leftarrow A$

$$x(t_8) = x_0 = \frac{7}{3} v_0 \sqrt{\frac{m}{k}} \sin \omega t_8 \Rightarrow v_0 \sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{7}{3} v_0 \sqrt{\frac{m}{k}} \sin \sqrt{\frac{k}{m}} t_8$$

тогда $t_8 = \sqrt{\frac{m}{k}} \arcsin\left(\frac{3}{7}\right)$

тогда $t_1 = t_8 + t_8 = \pi \sqrt{\frac{m}{k}} + \arcsin\left(\frac{9}{23}\right) \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} + \arcsin\left(\frac{3}{7}\right) \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$

$$t_1 = \sqrt{\frac{m}{k}} \left(\pi + \arcsin \frac{9}{23} + \arcsin \frac{3}{7} \right)$$

Ответ: для 1) $\Delta x_{\max 1} = \frac{23}{9} v_0 \sqrt{\frac{m}{k}}$; 2) $v_3 = \frac{4\sqrt{2}}{17} v_0$

3) $t_1 = \sqrt{\frac{m}{k}} \left(\pi + \arcsin\left(\frac{9}{23}\right) + \arcsin\left(\frac{3}{7}\right) \right)$



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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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!

Дано:
 $a, a > 0$
 $C_{12} = \frac{7}{2} R$
 $\frac{T_2}{T_3} = \frac{12}{5}$
 1) $C_{23} = ?$
 2) $A_8 = ?$
 3) $\eta = ?$

Реш:

1-2: $p \sim V$
 $V_2 = V_3$ $P_4 = P_1$
 пусть $P = \beta V$ для
 процесса $P_2 = 2P_1$
 $V_2 = 2V_1$
 $Q_{12} = C \cdot 2(T_2 - T_1) = \Delta U_{12} + A_{12}$
 $\Delta U_{12} = \frac{i}{2} 2P(T_2 - T_1) \neq A_{12}$
 $A_{12} = S_{p12} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{2}$

① По уравнению Менделеева-Клапейрона: $pV = \nu RT$ 2

$$A_{12} = \frac{2P_1 T_2 - 2P_1 T_1}{2} = \frac{1}{2} 2P_1 (T_2 - T_1) \Rightarrow C \cdot 2(T_2 - T_1) = \left(\frac{i}{2} + \frac{1}{2}\right) 2P_1 (T_2 - T_1)$$

тогда $C = \frac{i+1}{2} R = \frac{7}{2} R \Rightarrow i = 6 \Rightarrow$ многоатомный газ

1) $|Q_{23}| = C_{23} 2P_1 T_{23}$, так как при этом $V = \text{const} \Rightarrow Q_{23} = \Delta U_{23}$

$C_{23} 2P_1 T_{23} = \frac{i}{2} 2P_1 T_{23} \Rightarrow C_{23} = \frac{i}{2} R = \frac{6}{2} R = 3R$ (многоатомный газ в процессе 23)

2) $A_8 = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41}$

$A_{23} = 0$ $A_{12} = \frac{2P_1(T_2 - T_1)}{2}$ $A_{34} = \frac{P_1 V_4 - P_3 V_2}{2}$

$A_{41} = P_1(V_4 - V_1)$

$A_{41} = P_1(V_4 - V_1)$

По закону Дальтона $\frac{pV}{T} = \text{const}$,

тогда $\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3}$ $V_3 = V_2 \Rightarrow \frac{P_3 \cdot 2V_1}{T_3} = \frac{2P_1 \cdot 2V_1}{T_2} \Rightarrow P_3 = 2P_1 \frac{T_3}{T_2}$
 $P_2 = 2P_1$
 $V_2 = 2V_1$

$P_3 = 2P_1 \cdot \frac{5}{12} = \frac{5}{6} P_1$

3-4- тоже линейный процесс ($p \sim V$) пусть $P = \beta V$
 тогда $\frac{P_3}{V_2} = \beta = \frac{5}{12} \frac{P_1}{2V_1} = \frac{5}{24} \frac{P_1}{V_1} = \frac{5}{12} \frac{P_1}{V_1}$ $\frac{P_3}{V_2} = \frac{P_1}{V_1}$



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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
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!

$$\frac{P_3}{V_2} = \frac{P_1}{V_4} \Rightarrow V_4 = \frac{P_1}{P_3} V_2 = \frac{P_1 \cdot 12}{5 \cdot 2 P_1} V_1 = \frac{12}{5} V_1$$

переход в процессах 2-3: $Q = Q_{23} = \frac{6}{2} \sqrt{R(T_2 - T_3)}$ (взяли по модулю)

$$Q = Q_{41} = \frac{6}{2} \sqrt{R(T_4 - T_1)} + P_1(V_4 - V_1) = \frac{6}{2} \sqrt{R(T_4 - T_1)} + \sqrt{R(T_4 - T_1)} = 4 \sqrt{R(T_4 - T_1)}$$

использовали (1) и взяли по модулю

тогда $4(T_4 - T_1) = 3(T_2 - T_3)$, где $T_3 = \frac{5}{12} T_2$

Кривые $P_1 V_4 = \sqrt{R} T_4 = P_1 \cdot \frac{12}{5} V_1$, $P_1 V_1 = \sqrt{R} T_1 \Rightarrow T_4 = \frac{12}{5} T_1$

тогда: $4 \cdot T_1 \left(\frac{12}{5} - 1 \right) = 3 \left(\frac{5}{12} + 1 \right) T_2 \Leftrightarrow 4 T_1 \cdot \frac{7}{5} = \frac{3}{12} \cdot \frac{7}{4} T_2$

отсюда $T_1 = \frac{5}{16} T_2 \Rightarrow T_4 = \frac{12}{5} \cdot \frac{5}{16} T_2 = \frac{3}{4} T_2$

$$Q = 3 \sqrt{R} \cdot T_2 \left(-1 + \frac{5}{12} \right) = -\frac{7 \sqrt{R} T_2}{4}$$

$$A_{34} = \frac{\sqrt{R}(T_4 - T_3)}{2} \quad A_{41} = \sqrt{R}(T_4 - T_1) = \sqrt{R} T_2 \left(\frac{5}{16} - \frac{3}{4} \right) = -\frac{7 \sqrt{R} T_2}{16}$$

$$A_{43} = \frac{\sqrt{R}}{2} T_2 \left(-\frac{3}{4} + \frac{5}{12} \right) = -\frac{\sqrt{R} T_2}{6} \quad A_{12} = \frac{\sqrt{R} T_2}{2} \left(1 - \frac{5}{16} \right) = \frac{11 \sqrt{R} T_2}{32}$$

тогда $A_g = \frac{11 \sqrt{R} T_2}{32} + \frac{\sqrt{R} T_2}{6} - \frac{7 \sqrt{R} T_2}{16} = \frac{\sqrt{R} T_2}{2} \left(\frac{11}{16} - \frac{1}{3} - \frac{7}{8} \right) =$

$$= \frac{\sqrt{R} T_2}{2} \cdot \left(-\frac{25}{48} \right), \text{ а т.к. } \frac{\sqrt{R} T_2}{2} = -\frac{2Q}{7}, \text{ то } A_g = -\frac{2Q}{7} \cdot \left(-\frac{25}{48} \right) =$$

$$= \frac{25Q}{168}$$

3) $\eta = \frac{A_g}{Q_H} = \frac{A_g}{Q_H + A_g} \quad Q_H = Q_{23} + Q_{34} + Q_{41}, \text{ где } Q_{23} = Q_{41} = Q$



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!

$$Q_{34} = \frac{6}{2} \sqrt{R(T_4 - T_3)} + \frac{(P_1 V_4 - P_3 V_2)}{2} = \frac{6}{2} \sqrt{R(T_4 - T_3)} + \frac{\sqrt{R T_4} - \sqrt{R T_3}}{2}$$

(применим ②)

$$Q_{34} = 4 \sqrt{R(T_4 - T_3)} = 4 \sqrt{R T_2 \left(\frac{3}{4} - \frac{5}{12} \right)} = \frac{4 \sqrt{R T_2}}{3}$$

$$\eta = \frac{250}{168 \cdot (20 +)}$$



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
7 из 7

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. Дано:

$$d = 9 \text{ мм}$$

$$\epsilon_0 = 1$$

$$E(x)$$

$$1) U_0 - ?$$

$$2) \epsilon - ?$$

Реш:

$$E, \frac{\text{кВ}}{\text{мм}}$$

$$E_0 = 5$$

$$8$$

$$6$$

$$4$$

$$2$$

$$x, \text{ мм}$$

$$2$$

$$4$$

$$6$$

$$x, \text{ мм}$$

$$2$$

$$4$$

$$6$$

$$x, \text{ мм}$$

$$2$$

$$4$$

$$6$$

$$x, \text{ мм}$$

$$2$$

$$4$$

$$6$$

$$x, \text{ мм}$$

$$2$$

$$4$$

$$6$$

$$x, \text{ мм}$$

$$2$$

$$4$$

$$6$$

$$x, \text{ мм}$$

$$2$$

$$4$$

$$6$$

$$x, \text{ мм}$$

$$2$$

$$4$$

$$6$$

$$x, \text{ мм}$$

$$2$$

$$4$$

$$6$$

$$x, \text{ мм}$$

Поскольку источник
подключён к конденсатору,
то в процессе изменения
его capacitance проис-
редит $\Rightarrow$ всегда
удовлетворяется условию

$$U_0 = U_c$$

1) При $x=0$, диэлектрика
нет в конденсаторе.

тогда $U_0 = E_0 \cdot d$ (на конденсаторе напряжение такое же, как
на источнике всегда)

$$U_0 = 5 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}} \cdot 9 \cdot 10^{-3} \text{ м} =$$

$$U_0 = 45 \text{ В}$$

2) при $x=6 \text{ мм}$,

$$E = 9 \frac{\text{кВ}}{\text{мм}} \text{ (из графика)}$$

диэлектрик уменьшает

напряженность внешнего эл. поля
внутри него $\Rightarrow$ E раз

тогда: разность потенциалов между обкладками U_0

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

$$\epsilon = \frac{Ex}{U_0 - Ed + Ex} = \frac{9 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}} \cdot 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{45 \text{ В} - 9 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}} \cdot 9 \cdot 10^{-3} \text{ м} + 9 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}} \cdot 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}} = \frac{54}{45 - 81 + 54} = 3$$

Ответ: 1) $U_0 = 45 \text{ В}$; 2) $\epsilon = 3$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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!

Дано:

L

n

S_1

R

τ

I_1

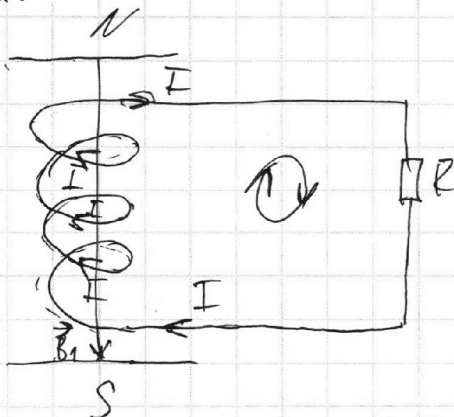
1) $\frac{dI}{dt}$?

$t = \frac{\tau}{4}$

2) q_n ?

3) B_1 ?

Реш:



После выключения поля, в катушке возникнет ЭДС самоиндукции, которое поразит ток в цепи.

$$\mathcal{E}_i = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{dB}{dt} \cdot n \cdot S_1$$

причем, $\frac{dB}{dt} < 0 \Rightarrow \mathcal{E}_i > 0$ и

Направление создаст ток, направленный так, как показано на рисунке

~~по 2 праву Кирхгофа $\mathcal{E}_i = I \cdot R = - \frac{dB}{dt} \cdot n \cdot S_1$~~

~~но при этом, $U_L = L \frac{dI}{dt} = \mathcal{E}_i = - \frac{dB}{dt} \cdot n \cdot S_1$~~

~~получим $L \cdot dI = dB \cdot n \cdot S_1$ интегрируем от момента выключения поля~~

~~$L \int_0^{I_1} dI = - n S_1 \int_0^{B_1} dB \Rightarrow L I_1 = B_1 n S_1$~~

~~тогда $B_1 = \frac{L I_1}{n S_1}$~~

1) Так как ток в катушке возрастает линейно, то

$$\frac{dI}{dt} = \frac{dI}{dt} = \cos st = \frac{I_1}{\tau} \text{ в любой момент времени}$$

2) Когда поле выключилось, в цепи ток I_1 , причем, напряжение на резисторе равно напряжению на катушке - $U_L = U_R \Rightarrow -L \frac{dI}{dt} = I \cdot R = \frac{dq}{dt} R$ (напряжение I по определению)

$U_L = I \cdot R = \frac{dI}{dt} L$ - напряжение на катушке



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
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!

тогда
$$-L \int_{I_1}^0 dI = R \int_0^{q_n} dq \Leftrightarrow LI_1 = Rq_n \Rightarrow q_n = \frac{LI_1}{R}$$

3) Запишем 2 правила Кирхгофа для контура:

$$\mathcal{E}_1 = U_L + U_R \Leftrightarrow \cancel{\mathcal{E}_1} - \frac{dB}{dt} nS_1 = L \frac{dI}{dt} + R \frac{dq}{dt}$$

тогда
$$-dB \cdot nS_1 = L dI + R dq, \text{ интегрируем}$$

$$-nS_1 \int_{B_1}^0 dB = L \int_0^{I_1} dI + R \cdot \int_0^{q_1} dq$$

при этом, так как
так решаем линейно,
то $q_1 = \frac{I_1 \tau}{2}$

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

Ответ: 1) $\frac{dI}{dt} = \frac{I_1}{\tau}$; 2) $q_n = \frac{LI_1}{R}$; 3) $B_1 = \frac{I_1 (L + \frac{R\tau}{2})}{nS_1}$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} \left(\frac{1}{r} + 1 \right)$$

$$f = \text{const}$$

$$f = b \Rightarrow d = \frac{b}{f}$$

$$r = \frac{f}{d}$$

$$d = \frac{b}{f}$$

$$\frac{1}{F_n} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d}$$

$$\Rightarrow F(r) = \frac{b}{1+r}$$

$$F = \frac{P}{n(n-1)} = \frac{b}{1+r} \Rightarrow P(r) = \frac{n(n-1)b}{1+r} = P_0 + dU$$

$$U(r) = \frac{(n^2 - n)b - P_0(1+r)}{d(1+r)}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{\left((n^2 - n)b - P_0(1+r_1) \right) (1+r_2)}{(1+r_1) \left((n^2 - n)b - P_0(1+r_2) \right)} = \frac{\left(\left(\frac{16}{9} - \frac{4}{3} \right) \cdot 24 \text{ см} - 2 \text{ см} \left(1 + \frac{5}{3} \right) \right) \left(1 + \frac{1}{3} \right)}{\left(1 + \frac{5}{3} \right) \left(\left(\frac{16}{9} - \frac{4}{3} \right) \cdot 24 \text{ см} - 2 \text{ см} \left(1 + \frac{1}{3} \right) \right)}$$

$$= \frac{1}{3}$$

Ответ: 1) $F = \frac{P}{n^2 - n}$; 2) $\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{3}$



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.



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!

8. 117

Дано:

$$n = \frac{4}{3}$$

$$b = 24 \text{ см}$$

$R(u)$ — линейный

$$R_0 = 2 \text{ см}$$

$$\Gamma_1 = \frac{5}{3} \quad u_1$$

$$\Gamma_2 = \frac{1}{3} \quad u_2$$

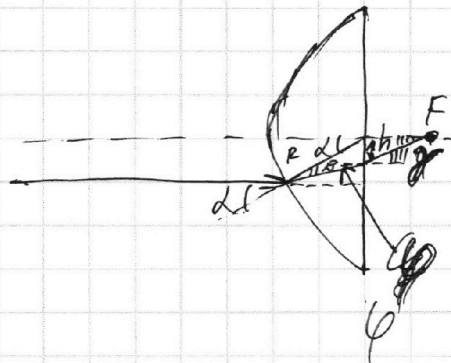
1) $F(n, r)$ — ?

2) u_2 — ?
 $\bar{u}_1$

3) $\frac{E_1}{E_2}$ — ?

Решение:

1)



Все углы — малы
(из условия, что
диаметр пучка
значительно
меньше расстояния
от источника до
линзы).

Пусть на линзу падает пучок параллельный главной оптической оси линзы.

Из рисунка, считая, что при малых углах: $\sin \alpha \approx \alpha \approx d$ и $n \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$ 3-й закон Снеллиуса.

$$\alpha = n\beta \quad (n_{возд} = 1)$$

$$\varphi = 180^\circ - \beta - (180^\circ - \alpha) = \alpha - \beta$$

$$n\varphi = \gamma R$$

$$h = F \sin \varphi = F \gamma$$

$$h = F \sin \varphi = R \sin \alpha - R \sin(\alpha - \beta)$$

$$h = F \cdot \gamma = R \cdot \alpha - R(\alpha - \beta)$$

$$F \cdot n \cdot (\alpha - \beta) = R \cdot \beta = R \cdot \frac{\alpha}{n} \Leftrightarrow F \cdot (n\alpha - \alpha) = R \cdot \frac{\alpha}{n}$$

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

2) $R(u)$ — линейный при $u=0$ $R=R_0 \Rightarrow R(u) = R_0 + \alpha u$

$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ — формула тонкой линзы при этом $f = Fd$



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!

1. Дано:

Реш:

m

k

v_0

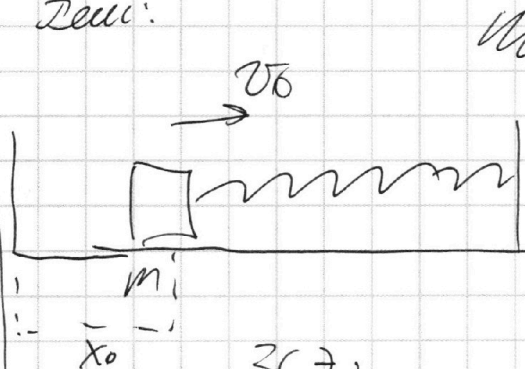
$23 \frac{v_0}{9}$

$v_1 = \frac{7v_0}{3}$

1) $\Delta x_{\max}$ - ?

2) v_2 - ?

3) t_1 - ?



ЗСЭ:

$$2) \frac{kx_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow x_0 = v_0 \sqrt{\frac{m}{k}}$$

1) $\Delta x_{\max}$ при

$23 \frac{v_0}{9}$

ЗСЭ:

$$\frac{m \cdot 23^2 v_0^2}{2 \cdot 9^2} = \frac{kx_{\max}^2}{2}$$

$$x_{\max} = \frac{23v_0}{9} \sqrt{\frac{m}{k}}$$

через 1 ударам:

$E_{k \text{ до}} = E_{k \text{ после}} = (K)$

$$\frac{m \cdot 23^2 v_0^2}{2 \cdot 9^2} - \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} \left(\frac{23^2}{9^2} - \frac{1}{9^2} \right) =$$

$$= \frac{mv_0^2 \cdot 14 \cdot 32}{2 \cdot 9^2} = \frac{m \cdot 40 v_0^2}{9 \cdot 2} \cdot k$$

$$k = \frac{14 \cdot 32 \cdot 9 \cdot 2}{2 \cdot 9^2 \cdot 40} = \frac{64}{63} \cdot \frac{(23-9)(23+9)}{14 \cdot 32}$$

$$\frac{m v_0^2 \cdot 14 \cdot 32}{2 \cdot 9^2} = \left(\frac{m \cdot 40 v_0^2}{2 \cdot 9} - \frac{mv_0^2}{2} \right) k = \frac{m v_0^2}{2} \left(\frac{40}{9} \right) k$$

$$k = \frac{14 \cdot 32 \cdot 2 \cdot 9}{2 \cdot 9^2 \cdot 40} = \frac{56}{45}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{40}{9} = \left(\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \right) k = \frac{m}{2} \cdot \frac{56}{45} (v_2^2 - v_0^2)$$

$$\frac{40}{9} v_0^2 + \frac{56}{45} v_0^2 = \frac{56}{45} v_2^2 \Rightarrow v_2^2 = \frac{40 \cdot 45}{56} + v_0^2 = \frac{32}{7} v_0^2$$

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

$$3) T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

(const при ударках)

$$t_1 = \frac{T}{2} + t_2 + t_3$$

$$\frac{14 \cdot 32 \cdot 2 \cdot 9}{5 \cdot 40 \cdot 9 \cdot 2} = \frac{56}{45}$$

$$5 \cdot \frac{40 \cdot 45}{2 \cdot 56} = \frac{25}{7} + 1 = \frac{32}{7}$$



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!

$$x(t) = x_{\max} \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$x(0) = 0 = x_{\max} \sin(\varphi_0) \Rightarrow$$

$$\varphi_0 = 0!$$

по 1-й задаче

$$x(t_2) = x_0 = x_{\max} \sin \omega t_2$$

$$x_0 = x_{\max} \sin \omega t_2$$

$$\varphi_0 \sqrt{\frac{m}{k}} = \varphi_0 \cdot \frac{23}{9} \sqrt{\frac{m}{k}} \sin \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t_2$$

$$\sin t_2 \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{9}{23} \Rightarrow t_2 \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} = \arcsin \frac{9}{23} \Rightarrow t_2 = \arcsin \frac{9}{23} \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

по 2-й задаче: $\frac{k x_{\max 2}^2}{2} = \frac{m \cdot 7^2 \varphi_0^2}{2 \cdot 3^2} \Rightarrow x_{\max 2} = \frac{7 \varphi_0}{3} \sqrt{\frac{m}{k}}$

$$x(t) = x_{\max 2} \sin \omega t_3 = x_0$$

$$\frac{7 \varphi_0}{3} \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \sin \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t_3 = \varphi_0 \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\sin \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t_3 = \frac{3}{7} \Rightarrow t_3 = \arcsin \frac{3}{7} \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$t_1 = \pi \sqrt{\frac{m}{k}} + \arcsin \frac{9}{23} \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} + \arcsin \frac{3}{7} \sqrt{\frac{m}{k}} = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \left(\pi + \arcsin \frac{9}{23} + \arcsin \frac{3}{7} \right)$$

2.

$$\frac{P_2}{V_2} = \frac{P_1}{V_1} = 2$$

$$\frac{P_3}{P_4} = \frac{V_2}{V_4}$$

$$7T_4 = 6T_2 + T_3 = \frac{72}{5}T_3 + T_3 = \frac{77}{5}T_3$$

$$T_4 = \frac{11}{5}T_3$$

$$\begin{array}{l} 45 - 87 + 54 = 12 \\ 99 - 87 = 12 \\ 12 \cdot 5 = 60 \end{array}$$

$$Q_{23} = 3R \Delta T_{23} = 3R(T_2 - T_3)$$

$$\begin{aligned} Q_{43} &= 3R \sqrt{(T_4 - T_3)} + P_1 V_4 - P_3 V_3 = \\ &= 3R \sqrt{(T_4 - T_3)} + \frac{2R(T_4 - T_3)^2}{2} = \\ &= \frac{7}{2}R \sqrt{(T_4 - T_3)} = \frac{7}{2}R(T_2 - T_3) \end{aligned}$$

$$7(T_4 - T_3) = 6(T_2 - T_3)$$

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

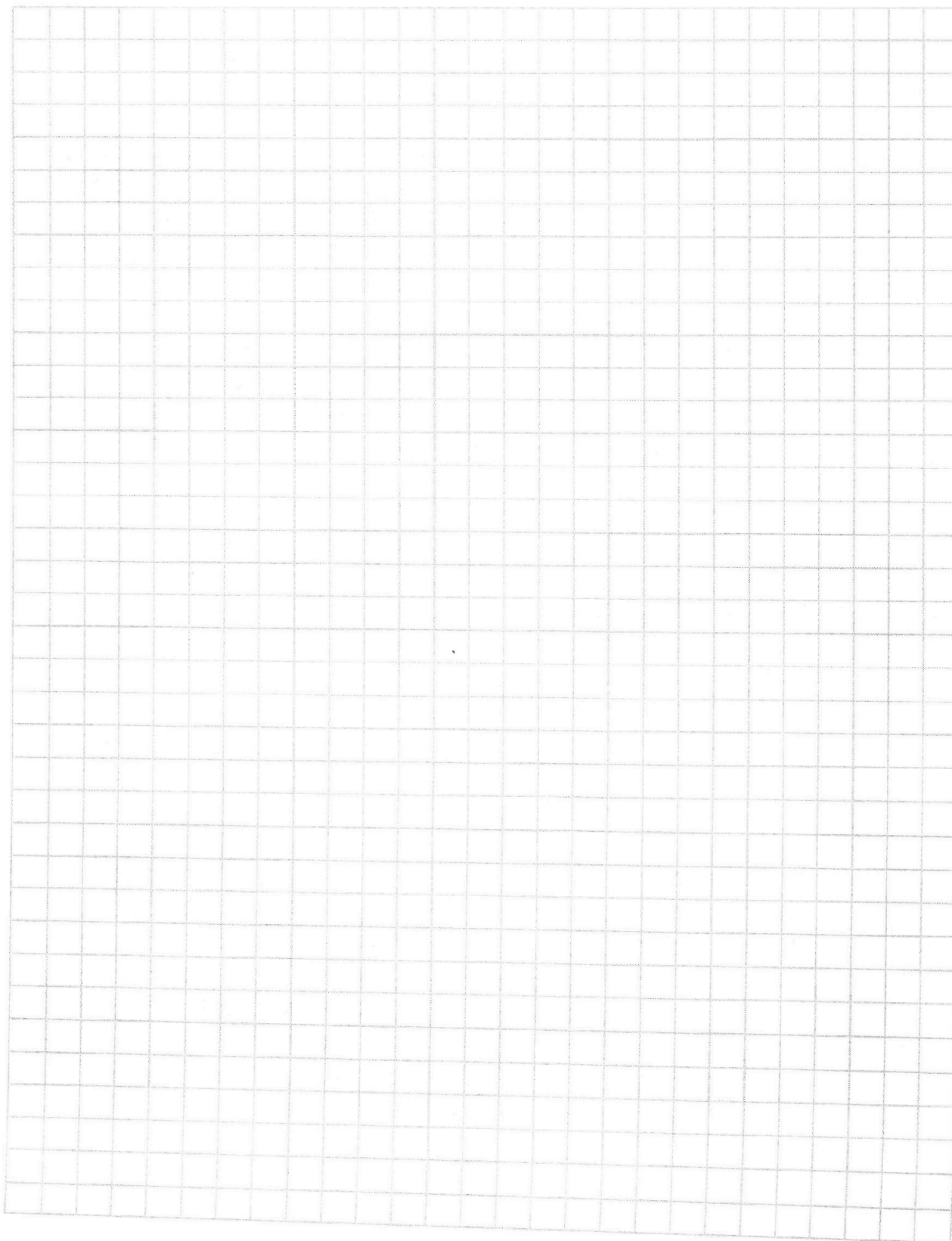


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



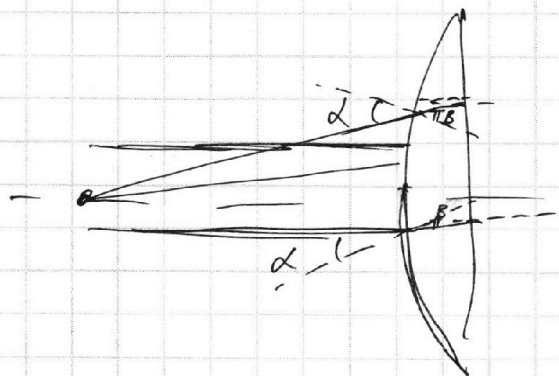


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

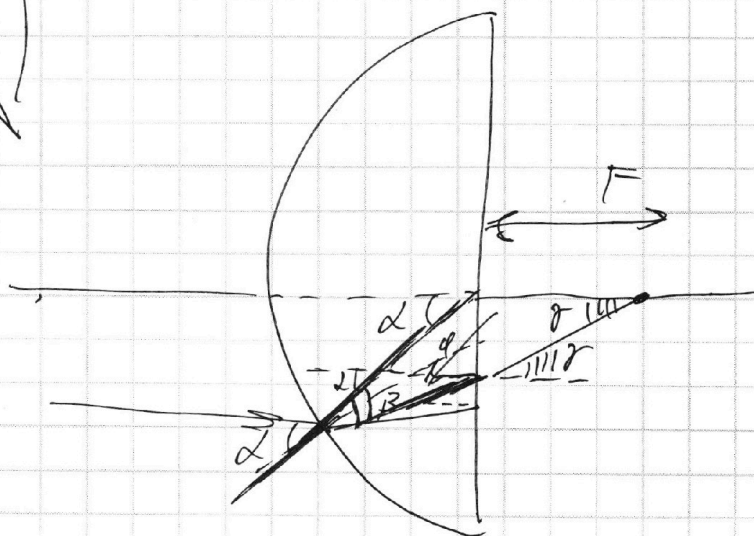
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!



$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$



$$d = n\beta$$

$$\varphi + \beta = d = \sin \alpha = d - \beta \quad d = n\beta \quad \frac{\beta}{d} = \frac{1}{n}$$
$$180^\circ - \beta - (180^\circ - d) = d - \beta = \varphi$$

$$n\varphi = \gamma$$

$$F \cdot \sin \gamma = R \sin d - R \sin(d - \beta)$$

$$F \cdot n \cdot (d - \beta) = R(d - d + \beta) = R\beta = Rn\alpha$$

$$F = R \frac{d}{d - \beta} = \frac{R}{1 - \frac{\beta}{d}} = \frac{R}{1 - \frac{1}{n}} = \frac{Rn}{n-1}$$
$$\frac{4}{3} \left(\frac{4}{3} - 1 \right) = \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{3} \cdot 24$$

$$\left(\frac{4}{9} \cdot 24 - 2 \cdot \frac{8}{3} \right) \cdot \frac{1}{3} = \frac{8}{3} \cdot \frac{4}{3}$$

$$2 \cdot \frac{8}{3} \left(\frac{4}{9} \cdot 24 - 2 \cdot \frac{4}{3} \right)$$

$$\frac{2 \cdot \frac{8}{3} \cdot 2}{2 \cdot \frac{8}{3} \left(\frac{8}{3} - \frac{2}{3} \right)} = \frac{7}{3}$$



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!

$$Q_{14} = Q_{23}$$

$\downarrow$
 $P = \text{const}$

$$\frac{4T_1}{5} = \frac{3}{72} T_2$$

$$T_1 = \left(\frac{5}{16} T_2\right)$$

$$T_2 = \lambda^2 T_1$$

$$U_L = I \cdot R$$

$$\frac{dI}{dt} \cdot L = \frac{dQ}{dt} \cdot R$$

$$\frac{P_3}{V_3} = \frac{P_1}{V_4}$$

$$R_1 \frac{5 \times P_1}{12 \times V_1} = \frac{R_1}{V_4} \Rightarrow V_4 = \left(\frac{12 V_1}{5}\right)$$

$$\frac{9}{5} = \frac{L}{R} \cdot \frac{P_1}{V_1} \cdot \frac{12}{5} = \frac{2RT_4}{5} = R \cdot \frac{12}{5} \cdot \frac{2RT_1}{5} \Rightarrow T_4 = \frac{12}{5} T_1 = \frac{3 \times 12}{5} \cdot \frac{3}{4} T_2 = \left(\frac{9}{5} T_2\right)$$

$$4 \cdot \left(\frac{12}{5} - 1\right) T_1 = 3 \cdot \left(\frac{12}{5} - 1\right) T_2$$

$$T_1 = \frac{3}{4} T_2 \Rightarrow \lambda = \sqrt{\frac{9}{3} \cdot \frac{2}{16}} = \frac{2}{5}$$

$$Q = 3 \sqrt{R} (T_2 - T_3) = 3 \sqrt{R} \cdot \frac{1}{4} T_2 \left(1 - \frac{5}{72}\right) = \sqrt{R} T_2$$

$$4 \cdot \left(\frac{12}{5} - 1\right) T_1 = 3 T_2 \left(1 - \frac{5}{72}\right) = \frac{1}{4} T_2 \cdot 7 \Rightarrow T_1 = \frac{7}{16} T_2$$

$$T_4 = \frac{12}{5} T_1 = \frac{12 \cdot 7}{5 \cdot 16} T_2 = \frac{21}{20} T_2$$

$$\frac{dI}{dt} = \text{const} = \left(\frac{I_1}{\tau}\right)$$

$$\lambda = \frac{17}{4}$$

$$\frac{11}{76} - \frac{1}{3} - \frac{7}{8} = \frac{11-19}{76} - \frac{1}{3}$$

$$\frac{3}{4} - \frac{5}{72} = \frac{9-5}{72} = \frac{4}{72} = \frac{1}{3}$$

$$-\frac{3}{76} - \frac{1}{3} = -\frac{9-76}{48} = -\frac{25}{48}$$

$$\frac{24}{16 \cdot 8}$$