



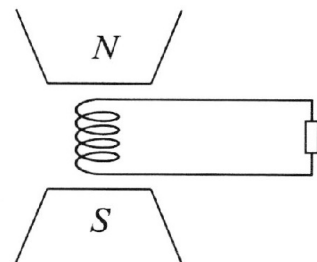
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



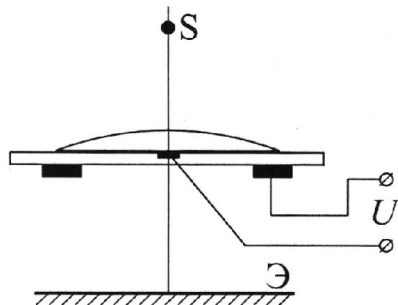
4. Катушка индуктивностью L с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением R . Внешнее поле выключают в течение времени τ . За время выключения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



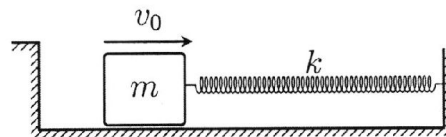
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



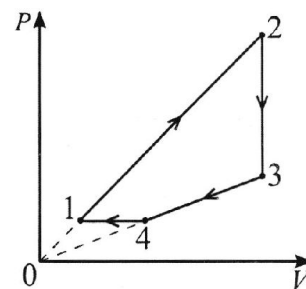
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой m прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью k (см. рис.). Уступ находится на таком расстоянии от тела, что если тело прижать к уступу и отпустить без начальной скорости, то положение равновесия тело пройдет со скоростью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

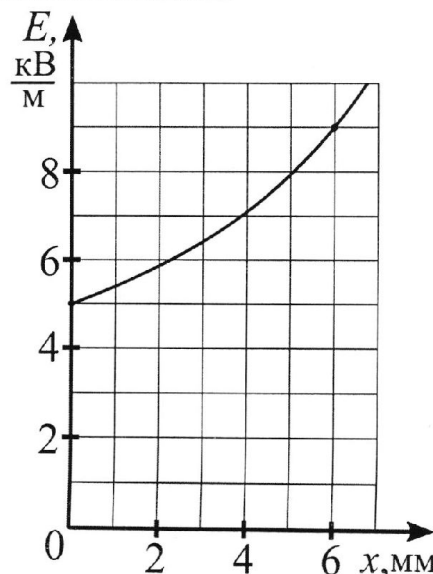
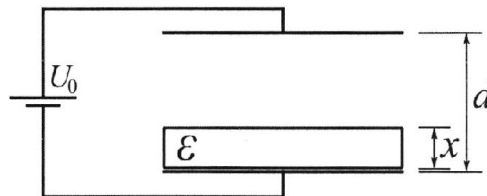
В ответе допустимы обратные тригонометрические функции.

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.



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!



Пусть до первого удара прошло время τ_1 . Тогда $-x_0 = A \sin \omega \tau_1$.

Также до I удара $A = x_{\max}$ из п. 1 $\Rightarrow A = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \frac{23V_0}{9}$

$$-\sqrt{\frac{m}{k}} V_0 = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \frac{23V_0}{9} \cdot \sin \omega \tau_1 \Rightarrow \sin \omega \tau_1 = -\frac{9}{23}$$

$$\omega \tau_1 = \pi + \arcsin\left(\frac{9}{23}\right) \Rightarrow \tau_1 = \frac{\pi + \arcsin\left(\frac{9}{23}\right)}{\omega} = \sqrt{\frac{m}{k}} \left(\pi + \arcsin\left(\frac{9}{23}\right) \right)$$

После удара амплитуда A'

$$\text{ЗСЭ: } \frac{kx_0^2}{2} + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{kA'^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} + \frac{m \cdot \frac{360V_0^2}{81}}{2}$$

$$A'^2 = \frac{m}{k} V_0^2 \left(1 + \frac{360}{81} \right) = \frac{mV_0^2}{k} \cdot \frac{441}{81} = \frac{mV_0^2}{k} \cdot \frac{49}{9}$$

$$A' = \sqrt{\frac{m}{k}} V_0 \cdot \frac{7}{3}$$

Пусть от I удара до

$$x_0 = A' \sin \omega(t_1 - \tau_1)$$

(как будто тело из положения равновесия приходит в x_0)

$$\sqrt{\frac{m}{k}} V_0 = \sqrt{\frac{m}{k}} V_0 \cdot \frac{7}{3} \cdot \sin \omega(t_1 - \tau_1)$$

$$\sin \omega(t_1 - \tau_1) = \frac{3}{7} \Rightarrow t_1 - \tau_1 = \frac{\arcsin\left(\frac{3}{7}\right)}{\omega} = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \arcsin\left(\frac{3}{7}\right)$$

$$t_1 = \tau_1 + \sqrt{\frac{m}{k}} \arcsin\left(\frac{3}{7}\right) = \sqrt{\frac{m}{k}} \left(\pi + \arcsin\left(\frac{9}{23}\right) + \arcsin\left(\frac{3}{7}\right) \right)$$

Ответ: $\sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \frac{23V_0}{9}$; 2) $\frac{4V_0\sqrt{2}}{\sqrt{7}}$; 3) $\sqrt{\frac{m}{k}} \left(\pi + \arcsin\left(\frac{9}{23}\right) + \arcsin\left(\frac{3}{7}\right) \right)$



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

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 после II удара тело проходит положение равновесия со скоростью V_2 .

$$\text{ЗСЭ: } \frac{kx_0^2}{2} + \frac{m u_3^2}{2} = \frac{m V_2^2}{2} \quad (1)$$

$$\text{после I удара: ЗСЭ: } \frac{m u_2^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} = \frac{m \left(\frac{7V_0}{3}\right)^2}{2} \quad (2)$$

$$\text{до удара: ЗСЭ: } \frac{m u_1^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} = \frac{m \left(\frac{23V_0}{9}\right)^2}{2} \quad (3)$$

$$u_3^2 = \frac{u_2^4}{u_1^2}$$

$$(3) - (2) = \frac{m u_1^2}{2} - \frac{m u_2^2}{2} = \frac{m \left(\frac{23V_0}{9}\right)^2}{2} - \frac{m \left(\frac{7V_0}{3}\right)^2}{2}$$

$$(3) - (1) = \frac{m u_1^2}{2} - m \frac{u_2^4}{u_1^2} - \frac{m \left(\frac{23V_0}{9}\right)^2}{2} = \frac{m V_2^2}{2}$$

$$u_1^2 - u_2^2 = V_0^2 \left(\frac{23}{9} - \frac{7}{3}\right) \left(\frac{23}{9} + \frac{7}{3}\right) = V_0^2 \cdot \frac{2}{9} \cdot \frac{44}{9} = V_0^2 \cdot \frac{88}{81}$$

Если тело отпустить от уступа без нач. скорости, то оно пройдет положение равновесия со скоростью $V_0 \Rightarrow \frac{m V_0^2}{2} = \frac{k x_0^2}{2} \quad x_0 = \sqrt{\frac{m}{k}} V_0$

$$\begin{aligned} \frac{m u_1^2}{2} &= \frac{m \left(\frac{23V_0}{9}\right)^2}{2} - \frac{m V_0^2}{2} \Rightarrow u_1^2 = V_0^2 \left(\left(\frac{23}{9}\right)^2 - 1\right) = \\ &= V_0^2 \cdot \frac{14}{9} \cdot \frac{32}{9} = V_0^2 \cdot \frac{448}{81} \end{aligned}$$



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!

$$u_2^2 = u_1^2 - V_0^2 \cdot \frac{88}{81} = \frac{448}{81} V_0^2 - \frac{88}{81} V_0^2 = \frac{360}{81} V_0^2$$

$$\frac{mV_2^2}{2} = \frac{mu_1^2}{2} - \frac{m \cdot \frac{u_2^4}{u_1^2}}{2} - \frac{m \left(\frac{23V_0}{9} \right)^2}{2}$$

$$V_2^2 = u_1^2 - \frac{u_2^4}{u_1^2} - \left(\frac{23V_0}{9} \right)^2 =$$

$$= \frac{448}{81} V_0^2 - \frac{V_0^4 \cdot (360)^2}{81^2} - \frac{529}{81} V_0^2$$

$$= \frac{V_0^2 \cdot 448}{81} - \frac{529}{81} V_0^2$$

$$\frac{mV_2^2}{2} = \frac{mu_3^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} = m \cdot \frac{u_2^4}{u_1^2} + \frac{mV_0^2}{2}$$

$$V_2^2 = \frac{u_2^4}{u_1^2} + V_0^2 = V_0^2 + \frac{V_0^4 \cdot \frac{360^2}{81^2}}{V_0^2 \cdot \frac{448}{81}} = V_0^2 + V_0^2 \cdot \frac{360^2}{448 \cdot 81} =$$

$$= V_0^2 + V_0^2 \cdot \frac{9 \cdot 40 \cdot 9 \cdot 40}{9 \cdot 9 \cdot 448} = V_0^2 + V_0^2 \cdot \frac{40 \cdot 40}{448} = V_0^2 + V_0^2 \cdot \frac{40 \cdot 10}{112} =$$

$$= V_0^2 + V_0^2 \cdot \frac{10 \cdot 10}{28} = V_0^2 + V_0^2 \cdot \frac{5 \cdot 5}{7} = V_0^2 + V_0^2 \cdot \frac{25}{7} = \frac{32}{7} V_0^2$$

3) для маятника: $m\ddot{x} = -kx$

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$$

$$\omega^2 \Rightarrow x = A \cos \omega t \quad (\sin, \text{м.к. } b + 0: x = 0)$$

$$\Rightarrow x = A \sin \omega t \quad A = x$$

$$V_2 = V_0 \sqrt{\frac{32}{7}} = \frac{4V_0 \sqrt{2}}{\sqrt{7}}$$



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
1 ИЗ 4

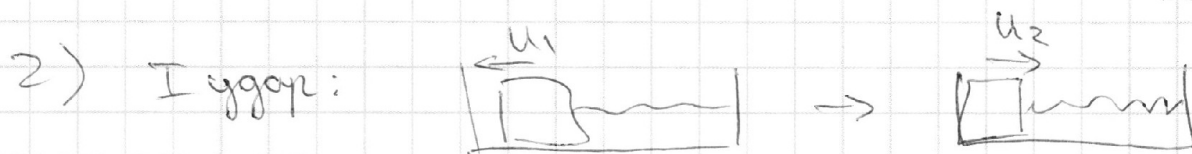
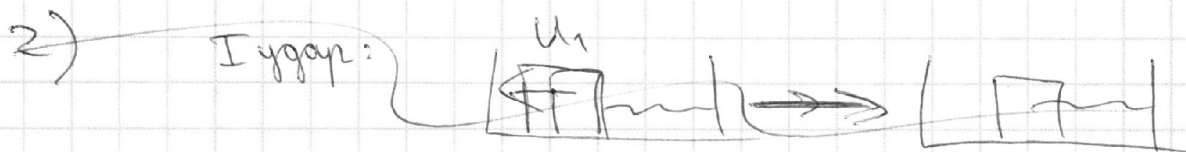
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

1) В положении равновесия растяжение пружины 0.

$$3C3: \frac{m \left(\frac{23V_0}{9} \right)^2}{2} + \frac{k \cdot 0^2}{2} = \frac{m \cdot 0^2}{2} + \frac{k X_{\max}^2}{2}$$

при макс. сжатии скорость = 0

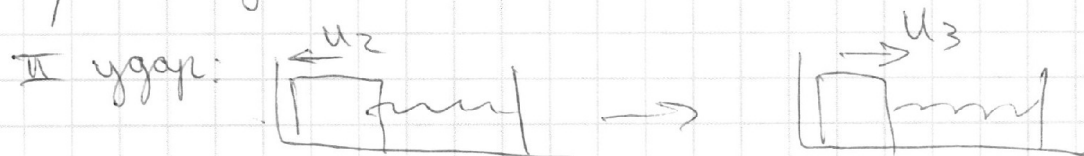
$$\frac{k X_{\max}^2}{2} = \frac{m \left(\frac{23V_0}{9} \right)^2}{2} \Rightarrow X_{\max} = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \frac{23V_0}{9}$$



Пусть отношение кин. энергий до и после удара = γ .

$$\gamma = \frac{\frac{m u_1^2}{2}}{\frac{m u_2^2}{2}} = \frac{u_1^2}{u_2^2}$$

Пусть при достижении бруска упруга пружина растянута на X_0 .



$$\gamma = \frac{\frac{m u_2^2}{2}}{\frac{m u_3^2}{2}} = \frac{u_2^2}{u_3^2} = \frac{u_1^2}{u_2^2} \Rightarrow u_2^2 = u_1 u_3$$

$$u_3 = \frac{u_2^2}{u_1}$$

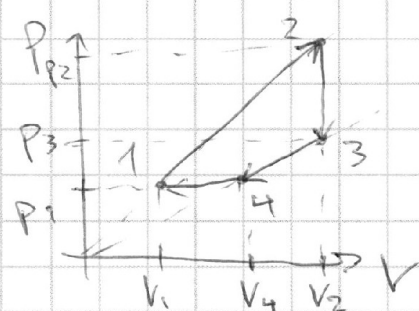


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 3

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



для политропного процесса $PV^n = \text{const}$
и молярная теплоемкость $C = \frac{i}{2}R + \frac{R}{1-n}$

в процессе 1-2 $P = \alpha V \Rightarrow \frac{P}{V} = \text{const} \Rightarrow n_{12} = -1$

$$C_{12} = \frac{7R}{2} = \frac{i}{2}R + \frac{R}{2} \Rightarrow i = 6$$

$$C_{23} = \frac{i}{2}R + \frac{R}{1-\infty} = \frac{i}{2}R = 3R$$

(в процессе 2-3 $V = \text{const} \Rightarrow n \rightarrow \infty$)

$$Q_{32} = Q = C_{23} \cdot (T_2 - T_3) = 3R(T_2 - T_3) = 3 \cdot 8R \cdot T_3 \cdot \frac{7}{5}$$

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

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

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

Менделеев-Клапейрон:

$$\begin{aligned} P_1 V_1 &= \nu R T_1 \\ P_2 V_2 &= \nu R T_2 \\ P_3 V_3 &= \nu R T_3 \\ P_1 V_4 &= \nu R T_4 \end{aligned}$$

Из графика:

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

$$P_1 V_2 = P_3 V_4 = P_2 V_1 \Rightarrow \frac{P_3 V_4}{2} - \frac{P_2 V_1}{2} = 0$$



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 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!

$$A = \frac{p_1 V_1}{2} - \frac{p_1 V_4}{2} + \frac{p_2 V_2}{2} - \frac{p_3 V_2}{2}$$

$$(p_2 - p_3) V_2 = \nu R (T_2 - T_3) = \nu R T_3 \cdot \frac{7}{5} = \frac{Q}{3}$$

$$p_1 (V_1 - V_4) = \nu R (T_1 - T_4)$$

для процесса 4-1 запишем 1 начало термодинамики

$$Q_{41} = -Q = \nu C_{41} (T_1 - T_4)$$

$$4.1 \text{ изобара} \Rightarrow C_{41} = \frac{5}{2} R \Rightarrow -Q = 4 \nu R (T_1 - T_4) \\ (n_{41} = 0)$$

$$p_1 (V_1 - V_4) = \nu R (T_1 - T_4) = -\frac{Q}{4}$$

$$A = \frac{p_1 (V_1 - V_4)}{2} + \frac{(p_2 - p_3) V_2}{2} = -\frac{Q}{8} + \frac{Q}{6} = \frac{4Q}{24} - \frac{3Q}{24} = \frac{Q}{24}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_+} \quad \text{Очевидно, что } Q_{23}, Q_{34}, Q_{41} < 0 \Rightarrow Q_+ = Q_{12}$$

1 нач. термодинамики: $Q_{12} = p_1 + p_2$

$$Q_{12} = \nu C_{12} (T_2 - T_1) = \nu \cdot \frac{7}{2} R (T_2 - T_1)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{p_3 V_2}{p_1 V_1} = \frac{T_3}{T_1} \quad \frac{p_2}{p_3} = \frac{T_2}{T_3} = \frac{12}{5} = \frac{V_4}{V_1} = \frac{T_4}{T_1}$$

$$T_4 = \frac{Q}{4 \nu R} + T_1 = \frac{12}{5} T_1 \Rightarrow \frac{7}{5} T_1 = \frac{Q}{4 \nu R} \Rightarrow T_1 = \frac{5Q}{28 \nu R}$$

$$T_3 = \frac{5Q}{21 \nu R} \Rightarrow T_2 = \frac{12}{5} \cdot \frac{5Q}{21 \nu R} = \frac{12Q}{21 \nu R} = \frac{4Q}{7 \nu R}$$



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
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!

$$Q_{12} = \gamma \cdot \frac{7R}{2} \cdot \left(\frac{4Q}{7VR} - \frac{5Q}{28VR} \right) = \frac{7}{2} Q \left(\frac{4}{7} - \frac{5}{28} \right) =$$
$$= \frac{7}{2} Q \cdot \frac{16-5}{28} = Q \cdot \frac{7}{2} \cdot \frac{11}{28} = Q \cdot \frac{11}{8}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{\cancel{Q} \cdot 24}{Q \cdot \frac{11}{8}} = \frac{8}{11 \cdot 24} = \frac{1}{33}$$

Ответ: 1) $3R$
2) $\frac{Q}{24}$
3) $\frac{1}{33}$



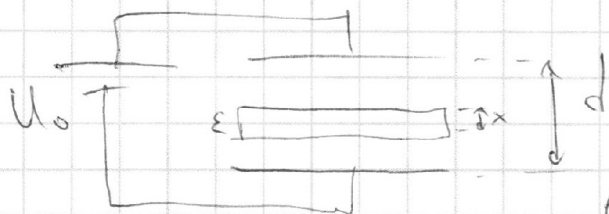
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Если диэлектрик внести во внешнее поле E , то в диэлектрике будет поле $\frac{E}{\epsilon}$.

$$U_0 = E \cdot (d - x) + \frac{E}{\epsilon} \cdot x = E d - E x + \frac{E}{\epsilon} x = E \left(d - x + \frac{x}{\epsilon} \right)$$

$$E = \frac{U_0}{d - x \left(1 - \frac{1}{\epsilon} \right)} \quad \text{при } x=0: E(0) = \frac{U_0}{d}$$

Из графика $E(0) = 5 \frac{\text{кВ}}{\text{м}} = \frac{U_0}{5 \text{ мм}} \Rightarrow U_0 = 45 \text{ В}$

при $x = 6 \text{ мм}$ $E(6) = 9 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$

$$E(6) \cdot d - E(6) \cdot x + \frac{E(6) \cdot x}{\epsilon} = U_0$$

$$\frac{1}{\epsilon} = \frac{U_0 - E(6)(d - x)}{E(6) \cdot x} \Rightarrow \epsilon = \frac{E(6) \cdot x}{U_0 - E(6)(d - x)} = \frac{9 \cdot 6}{45 - 9 \cdot 3} =$$

$$= \frac{36}{45 - 27} = \frac{36}{18} = 2 = \frac{54}{45 - 27} = \frac{54}{18} = 3$$

Ответ: 1) 45 В
2) 3



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

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!

$$nS_1 \oint_0 B_1 = L \oint_0 I_1$$

$$nS_1 B_1 = L I_1 \Rightarrow B_1 = \frac{L I_1}{nS_1}$$

Ответ: 1) $\frac{I_1}{r}$
2) $\frac{I_1 L}{R}$
3) $\frac{L I_1}{nS_1}$



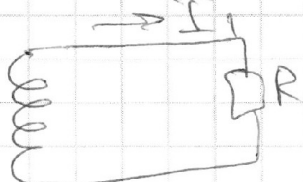
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

- 1) во ~~в~~ все время выключения ток в катушке линейно возрастал от 0 до $I_1 \Rightarrow$ через время $\frac{\tau}{4}$ ток будет расти со скоростью $v = \frac{I_1}{\tau}$

- 2)  в отсутствие поля $LI + IR = 0$

$$L \frac{dI}{dt} = -IR$$

$$\frac{dI}{I} = -\frac{R}{L} dt \Rightarrow I = I_0 e^{-\frac{R}{L}t}$$

$$\Rightarrow I = A e^{-\frac{R}{L}t}$$

$$I(0) = I_1 = A \Rightarrow I(t) = I_1 e^{-\frac{R}{L}t}$$

$$dq = I(t) dt \Rightarrow q = \int_0^{\infty} I(t) dt = \int_0^{\infty} I_1 e^{-\frac{R}{L}t} dt =$$

$$= -I_1 \cdot \frac{L}{R} \cdot e^{-\frac{R}{L}t} \Big|_0^{\infty} = -I_1 \cdot \frac{L}{R} (0 - 1) = I_1 \frac{L}{R}$$

- 3) ~~$\frac{d\Phi}{dt}$~~ $\frac{d\Phi}{dt} = -\mathcal{E}_{\text{инд}}$ закон Фарадея

$$\Downarrow$$
$$\frac{dB}{dt} \cdot nS_1 = L \dot{I}$$

$\parallel L \cdot \frac{dI}{dt}$

$$dB \cdot nS_1 = L \cdot dI$$



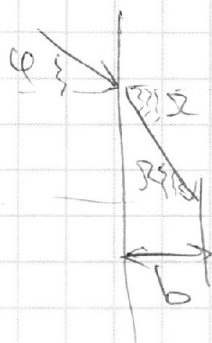
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!

II преломление:



закон преломления: $n \sin \gamma = \sin \alpha$
 $n \gamma \approx \alpha$

$$a \tan \alpha = b \tan \gamma \Rightarrow a \alpha \approx b \gamma$$

$$a \alpha \approx b \cdot n \gamma = b \cdot n \cdot \alpha \left(\frac{a}{R} - \frac{1 + \frac{a}{R}}{n} \right)$$

$$a = b n \left(\frac{a}{R} - \frac{1 + \frac{a}{R}}{n} \right); \quad b = \frac{a}{\frac{n a}{R} - 1 - \frac{a}{R}}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{a} + \frac{\frac{n a}{R} - 1 - \frac{a}{R}}{a} = \frac{1 + \frac{n a}{R} - 1 - \frac{a}{R}}{a} =$$

$$= \frac{\frac{n a}{R} - \frac{a}{R}}{a} = \frac{n-1}{R} \Rightarrow F = \frac{R}{n-1} = \frac{R}{\frac{4}{3}-1} = \frac{R}{\frac{1}{3}} = 3R$$

2) ~~$2R = kU + b$~~ 2) $R = kU + C$

В $R(0) = R_0 = C; R = kU + R_0$

$R_1 = kU_1 + R_0 \quad R_2 = kU_2 + R_0$

В $\frac{U_2}{U_1} = \frac{R_2 - R_0}{R_1 - R_0}$

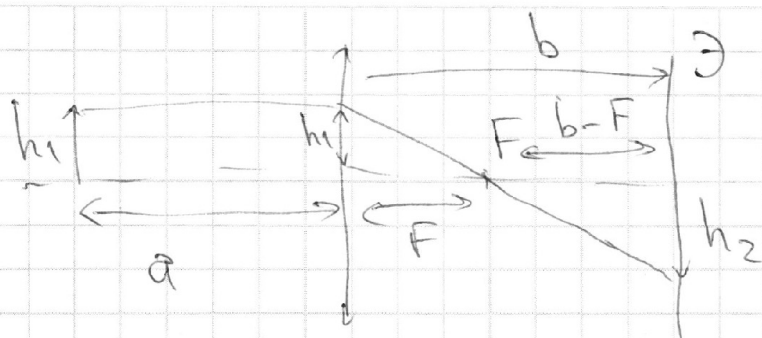


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

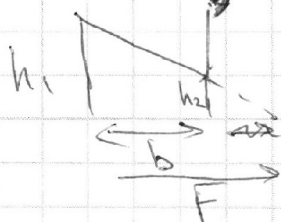
СТРАНИЦА
3 ИЗ 4

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!



$$\Gamma = \frac{h_2}{h_1} = \frac{b-F}{F} \quad \text{при } b > F \quad \Gamma_{b>F} = \frac{b}{F} - 1$$

$$\text{при } b < F: \Gamma = \frac{h_2}{h_1} = \frac{F-b}{F} \quad \Gamma_{b<F} = 1 - \frac{b}{F}$$



Понятно, что ~~при $F_2 = \frac{1}{3}$~~

$$\Gamma_2 = \frac{1}{3} < 1 \Rightarrow b < F \Rightarrow \Gamma_2 = 1 - \frac{b}{F_2}$$

$$\Rightarrow \Gamma_2 = 1 - \frac{b}{F_2} \Rightarrow \frac{b}{F_2} = 1 - \Gamma_2$$

$$F_2 = \frac{b}{1 - \Gamma_2} = 3R_2 \Rightarrow R_2 = \frac{b}{3(1 - \Gamma_2)}$$

$$\text{при } \Gamma_1 = \frac{5}{3} \rightarrow b > F: \Gamma_1 = \frac{b}{F_1} - 1 \Rightarrow F_1 = \frac{b}{1 + \Gamma_1} = 3R_1$$

$$\rightarrow b < F: \Gamma_1 = 1 -$$



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

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!

$$\Gamma_1 = \frac{\epsilon}{3} > 1 \Rightarrow b > F \Rightarrow \Gamma_1 = \frac{b}{F_1} - 1 \Rightarrow F_1 = \frac{b}{\Gamma_1 + 1} = 3R_1$$

R

$$R_1 = \frac{b}{3(1 + \Gamma_1)} = \frac{24 \text{ см}}{3 \cdot \frac{8}{3}} = 3 \text{ см}$$

$$\Gamma_2 \leq \frac{1}{3} < 1 \rightarrow b > F: \Gamma_2 = \frac{b}{F_2} - 1; F_2 = \frac{b}{1 + \Gamma_2} = 3R_2$$

$$R_2 = \frac{b}{3(1 + \Gamma_2)} = \frac{24 \text{ см}}{3 \cdot \frac{4}{3}} =$$

$$b < F: \Gamma_2 = 1 - \frac{b}{F_2} \Rightarrow F_2 = \frac{b}{1 - \Gamma_2} = 3R_2$$

$$R_2 = \frac{b}{3(1 - \Gamma_2)} = \frac{24 \text{ см}}{3 \cdot \frac{2}{3}} = 12 \text{ см}$$

т.е. для R_2 есть 2 возможных значения

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{R_2 - R_0}{R_1 - R_0} = \frac{6 - 2}{3 - 2} = 4$$

$$\frac{12 - 2}{3 - 2} = 10$$

3) ~~$\frac{E_1}{E_2} = \frac{S_2}{S_1}$~~ S_1 и S_2 - площади петель

у изображений

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\frac{dW}{S_1 dt}}{\frac{dW}{S_2 dt}} = \frac{S_2}{S_1}$$

Все линейные размеры петель стигаются в $\frac{\Gamma_2}{\Gamma_1}$ раз

$$\Rightarrow \frac{S_2}{S_1} = \left(\frac{\Gamma_2}{\Gamma_1}\right)^2 = \left(\frac{\frac{1}{3}}{\frac{8}{3}}\right)^2 = \frac{1}{25} = \frac{E_1}{E_2}; \text{ Ответ: } 1) F = \frac{R}{n-1}$$

$$2) \frac{U_2}{U_1} = 4, 10$$

$$3) \frac{E_1}{E_2} = \frac{1}{25}$$

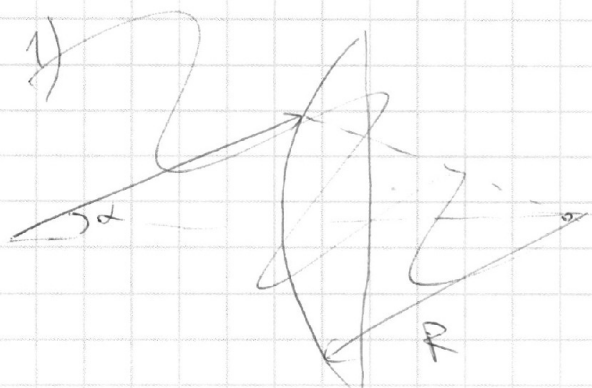


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

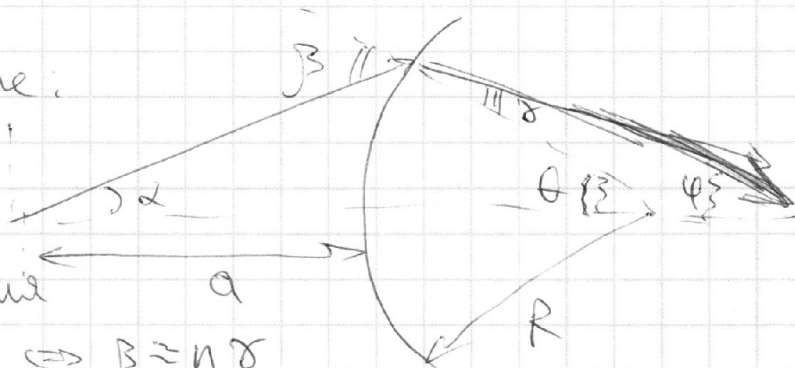
СТРАНИЦА
1 из 4

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!



все углы малы
(параксимальное
приближение)

1) I преломление:



закон преломления

$$\sin \beta = n \sin \alpha \Rightarrow \beta \approx n \alpha$$

$$a \tan \alpha = R \tan \theta \Leftrightarrow a \alpha \approx R \theta$$

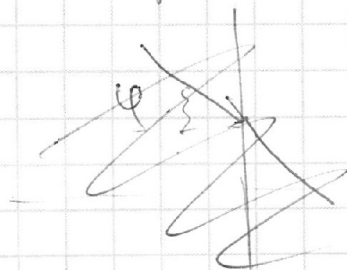
$$\theta = \alpha - \varphi = \frac{a}{R} \alpha$$

$$\beta = \alpha + \theta \quad \text{и} \quad \theta = \alpha + \varphi$$

$$\beta = \alpha + \frac{a}{R} \alpha = \alpha \left(1 + \frac{a}{R}\right)$$

$$\varphi = \theta - \alpha = \alpha - \frac{\beta}{n} = \alpha - \frac{\alpha \left(1 + \frac{a}{R}\right)}{n} = \alpha \left(\frac{1}{n} - \frac{1 + \frac{a}{R}}{n}\right)$$

II преломление:



закон преломления

$$n \sin \varphi = \sin \beta$$

$$n \varphi \approx \beta$$