



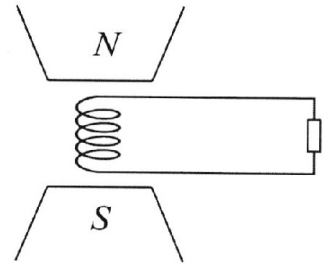
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



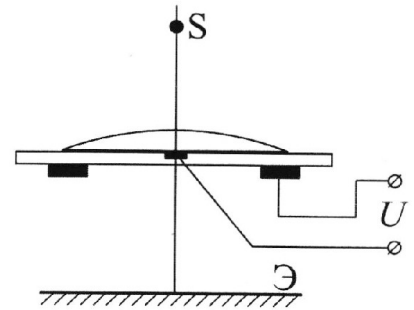
4. Катушка индуктивностью L с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением R . Внешнее поле выключают в течение времени τ . За время выключения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

Со 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.



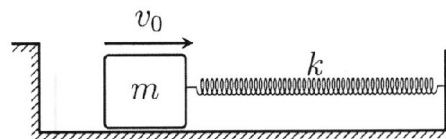
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



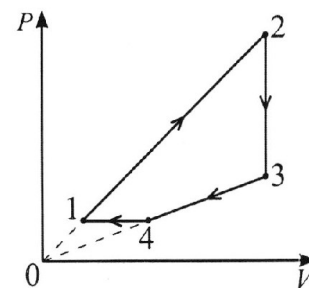
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой m прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью k (см. рис.). Уступ находится на таком расстоянии от тела, что если тело прижать к уступу и отпустить без начальной скорости, то положение равновесия тело пройдет со скоростью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

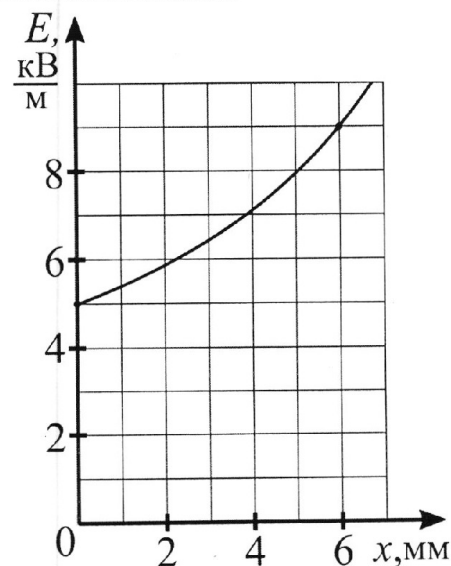
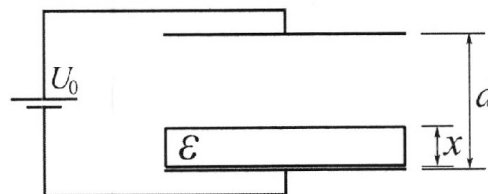
В от вете допустимы обратные тригонометрические функции.

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
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!

N1

Пусть макс. статич. прирост до 1 удара δ

т.к. поверхность гладкая, то $W = \text{const}$ (до удара)

$$W_1 = W_{k1} = \left(\frac{23V_0}{g}\right)^2 \cdot \frac{m}{2}; \quad W_2 = W_{k2} + W_{\text{п}} = 0 + \frac{k\delta^2}{2} \quad (\text{при макс. росте статич.}$$

кинетическая энергия 0)

$$\Rightarrow \left(\frac{23V_0}{g}\right)^2 \frac{m}{2} = \frac{k\delta^2}{2} \Rightarrow \frac{23V_0}{g} \sqrt{\frac{m}{k}} = \sqrt{k} \delta \Rightarrow \delta = \frac{23V_0}{g} \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Пусть L - статич. амплитуда до 2-го удара (д. макс. роста

при ударе 0 удара)

Тогда отпустим γ д. удара тела $W = \frac{kL^2}{2}$, а при прохождении положения

равновесия $W = \frac{V_0^2 m}{2}$ (пружина не растянута и не сжата)

$$\text{по з.с.э: } \frac{kL^2}{2} = \frac{V_0^2 m}{2} \Rightarrow L = V_0 \sqrt{\frac{m}{k}}$$

по закону сохранения энергии энергия W_1 б.т. б.т. до первого

удара была постоянной; W_2 - до второго удара также была

постоянной и W_2 - энергия кинетическая после второго удара

при прохождении положения равновесия.

$W_1 = W_{k1} = W_{k1}' + W_{\text{п1}}$, где $W_{\text{п1}}$ энергия пружины при росте δ ,

W_{k1}' - энергия тела m (кан.) перед первым ударом



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!

$$W_1 = \frac{2 \cdot 3^2 \cdot V_0^2}{g^2} m = W_{K1} + \frac{K L^2}{2} \Rightarrow W_{K1}' = \frac{23^2}{g^2} V_0^2 m - \frac{V_0^2 m}{2}$$

После первого удара $W_2 = \left(\frac{72}{32}\right)^2 m$, так как $W_L = W_{H2} + W_{K2}'$, где

$W_{H2} = W_{H1}$ (энергия пружины раст на $(\quad)$ W_{K2}' - энергия

пала сразу после первого удара Φ а также перед 2 ударом

$$\frac{2 \cdot 3^2 \cdot V_0^2}{g^2} m = \frac{K L^2}{2} + W_{K2}' \Rightarrow W_{K2}' = \frac{72}{32} V_0^2 m - \frac{V_0^2 m}{2}$$

$\frac{W_{K2}'}{W_{K1}'}$ - коэффициент потерь при ударе $\frac{W_{K2}'}{W_{K1}'} = \delta$

$$\delta = \frac{\left(\frac{72}{32} - 1\right) \cdot V_0^2 m}{\left(\frac{23^2}{g^2} - 1\right) V_0^2 m} = \frac{9 \cdot 10 \cdot 4}{32 \cdot 14} = \frac{45}{56}$$

так $\delta = \text{const}$, то W_{K3} - энергия падающего после второго удара

$$W_{K3} = \delta \cdot W_{K2}' = \frac{45}{56} \cdot \frac{72}{32} V_0^2 m = \frac{45}{56} \cdot \frac{10 \cdot 4}{9 \cdot 2} V_0^2 m = \frac{25}{14} V_0^2 m$$

$W_3 = W_{K3} + W_{H3}$ (где W_{H3} - энергия падающего после второго удара)

также $W_3 = W_{K3}'$ - энергия падающего после второго удара

$$W_{H3} = W_{H2} = W_{H1} = \frac{K L^2}{2} = \frac{V_0^2 m}{2}$$

$$\Rightarrow W_{K3} = \frac{25}{14} V_0^2 m \quad W_{K3} = W_{K3} + W_{H3} = \frac{25}{14} V_0^2 m + \frac{1}{2} V_0^2 m$$



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!

$$W_{k3} = \frac{v_3^2 m}{2}, \text{ где } v_3 - \text{исходная скорость при прохождении равновесия}$$

$$\frac{v_3^2 m}{2} = \left(\frac{25}{7} + \frac{1}{2} \right) v_0^2 m$$

$$v_3^2 = \left(\frac{25}{7} + 1 \right) v_0^2 = \frac{32}{7} v_0^2$$

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

Когда тело приходит к скорости оно начинает совершать гармонические

колебания с периодом $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ и $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

температура ось от центра тяжести, тогда $x =$

до первого удара максимальное отклонение было $d = \frac{23v_0}{g} \sqrt{\frac{m}{k}}$

$\Rightarrow x = d \cdot \sin(\omega t)$ (x - отклонение от нач. равновесия (ось от центра))

$\Rightarrow$ при ударе $-L = \frac{23v_0}{g} \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right)$, где

t - время до первого удара от начала (от t_0)

$t = \frac{L}{v_0} = \arcsin\left(\frac{-gL}{23v_0 \sqrt{m}}\right)$

$\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right) = \frac{-gL}{23v_0 \sqrt{m}} \Rightarrow \sqrt{\frac{k}{m}} t = \arcsin\left(\frac{-gL}{23v_0 \sqrt{m}}\right)$

После первого удара $W_2 = \left(\frac{7}{3} v_0\right)^2 m = W_{\text{макс}}$

$W_{\text{макс}} = \frac{kS^2}{2}$ где S - макс. отклонение после первого удара

$\frac{kS^2}{2} = \left(\frac{7}{3} v_0\right)^2 m \Rightarrow S \sqrt{k} = \frac{7}{3} v_0 \sqrt{m} \Rightarrow S = \frac{7}{3} v_0 \sqrt{\frac{m}{k}}$

$\Rightarrow$ после первого удара $x = S \sin(\omega t_2)$ $x = S \sin(\omega t + \varphi)$



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!

где при φ : $S \sin \varphi = -L \Rightarrow \sin \varphi = -\frac{L}{S} \Rightarrow \varphi = -\arcsin \frac{L}{S} + 2\pi$

при прохождении положения равновесия $x=0 \Rightarrow$

$$0 = S \cdot \sin(\omega(t_1 - t) + \varphi) \Rightarrow \sin((t_1 - t) + \varphi) = 0$$

$$\Rightarrow \omega(t_1 - t) + \varphi = 2\pi n, n \in \mathbb{Z}$$

$$\omega(t_1 - t) = \arcsin \frac{L}{S} + 2\pi n, n \in \mathbb{Z}, \text{ м.р. прохождения равновесия в } t_1 \text{ раз } n$$

$$\omega(t_1 - t) > 0 \Rightarrow \omega(t_1 - t) = \arcsin \frac{L}{S}$$

$$t_1 = \arcsin \frac{L}{S} + t$$

$$\omega t_1 - \omega t = \arcsin \frac{L}{S}; \quad \omega t = \sqrt{\frac{K}{m}} t = 2\pi + \arcsin \left(\frac{qL}{23U_0} \sqrt{\frac{K}{m}} \right)$$

$$\sqrt{\frac{K}{m}} t_1 = \arcsin \left(\frac{U_0 \sqrt{\frac{m}{K}}}{\frac{2}{3} U_0 \sqrt{\frac{m}{K}}} \right) + 2\pi + \arcsin \left(\frac{q \cdot U_0 \sqrt{\frac{m}{K}}}{23 U_0 \sqrt{\frac{m}{K}}} \right)$$

$$\sqrt{\frac{K}{m}} t_1 = \arcsin \frac{3}{7} + 2\pi + \arcsin \frac{q}{23}$$

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

Ответ: 1) $\frac{23U_0}{g} \sqrt{\frac{m}{K}}$ 2) $4\sqrt{\frac{m}{K}} U_0$ 3) $\pi \sqrt{\frac{m}{K}} + \sqrt{\frac{m}{K}} \left(\arcsin \frac{3}{7} + \arcsin \frac{q}{23} \right)$



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

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!

№2

Дано:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1}$$

$$C_{12} = \frac{7R}{2}$$

Решение:

для процесса 1-2: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$

A_{12} - работа по процессу $\Rightarrow A_{12} = (V_2 - V_1) \cdot (p_1 + p_2) \cdot \frac{1}{2}$

т.к. процесс 1-2 по прямой через координаты Карнолат $\Rightarrow$

$$\frac{p_1}{V_1} = \text{const}; \quad \frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \Rightarrow p_1 V_2 = p_2 V_1$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} (V_2 p_1 + p_2 V_2 - p_1 V_1 - V_1 p_2) = \frac{1}{2} p_2 V_2 - \frac{1}{2} V_1 p_1 \Rightarrow$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} \nu R T_2 - \frac{1}{2} \nu R T_1 = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$\Delta U_{12} = \frac{j}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$Q_{12} = \nu \cdot C_{12} (T_2 - T_1) \Rightarrow Q_{12} = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$\frac{7}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{j}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) \Rightarrow$$

$$7 = j + 1 \Rightarrow j = 6 \Rightarrow \text{шестиплечный газ}$$

для 2-3: $Q_{23} = -Q = \Delta U_{23} + A_{23}$; $A_{23} = 0$, т.к. 2-3 - изохора

$$\Rightarrow -Q = \frac{6}{2} \nu R (T_3 - T_2) \Rightarrow T_3 - T_2 = \frac{-Q}{3 \nu R}$$

$$Q_{23} = C_{23} \cdot \Delta(T_3 - T_2) \Rightarrow -Q = \nu \cdot \frac{-Q}{3 \nu R} \cdot C_{23} \Rightarrow C_{23} = 3R$$

$$A_{1-2} = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1); \quad A_{2-3} = 0$$

для 4-1: $Q_{41} = A_{41} + \Delta U_{41}$; $A_{41} = S_{\text{под кривой}} = (V_1 - V_4) \cdot \frac{1}{2} (p_1 + p_4)$ (4-1 - изобара $p_1 = p_4$)

$$Q_{41} = -Q; \quad \Delta U_{41} = 3 \nu R (T_1 - T_4)$$



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!

$$-Q = 30R(T_1 - T_4) + 2 \cdot \frac{1}{2} (p_1 V_1 - p_4 V_1) =$$

$$-Q = 30R(T_1 - T_4) + 40R(T_1 - T_4) \Rightarrow$$

$$(T_4 - T_1) \cdot 70R = Q \Rightarrow T_4 - T_1 = \frac{Q}{70R} \Rightarrow T_4 = T_1 + \frac{Q}{70R}$$

$$A_{41} = 30R(T_4 - T_1) = \frac{Q}{2} \quad (\text{так } (T_4 - T_1) \cdot 70R = Q)$$

Для 4-3: так 4-зистан на границе соприкасается $0 \Rightarrow \frac{p_3}{V_3} = \frac{p_4}{V_4} \Rightarrow p_3 V_4 = p_4 V_3$

$$A_{34} = S_{\text{соприкас}} = (V_4 - V_3) \cdot (p_3 + p_4) \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2} (p_3 V_4 - p_3 V_3 + p_4 V_4 - p_4 V_3) =$$

$$= \frac{1}{2} (V_4 p_3 - p_4 V_3) = \frac{1}{2} 30R(T_2 - T_4) = \frac{1}{2} 30R(T_2 - T_3 + \frac{Q}{70R}) =$$

$$= \frac{1}{2} 30R(T_2 - T_3) + \frac{Q}{2}$$

$$A_{\text{цикла}} = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41} = \frac{1}{2} 30R(T_2 - T_1) + 0 + \frac{1}{2} 30R(T_2 - T_3) + \frac{Q}{2} - \frac{Q}{2} =$$

$$= \frac{1}{2} 30R(T_2 - T_3) - \frac{Q}{2}$$

В процессе 2-3; $T_3 - T_2 = \frac{-Q}{30R} \Rightarrow \frac{1}{2} 30R(T_2 - T_3) = \frac{1}{2} 30R \cdot \frac{Q}{30R} = \frac{Q}{2}$

$$A_{\text{цикла}} = \frac{Q}{2} - \frac{Q}{2} = \frac{2-6}{4} Q = \frac{Q}{24}$$

$$Q_{12} = \frac{1}{2} 30R(T_2 - T_1); Q_{23} = -Q; Q_{34} = 30R(T_4 - T_3); Q_{41} = -Q$$

$$A_{1-2-3-4-1} = \frac{Q}{24}; \Delta U_{1-2-3-4-1} = 0; U_1 - U_1 = 0$$

$$A_{1-2-3-4-1} + \Delta U_{1-2-3-4-1} = Q_{12} + Q_{23} + Q_{34} + Q_{41} =$$

$$\frac{Q}{24} = -2Q + \frac{1}{2} 30R(T_2 - T_1) + 30R(T_4 - T_3)$$

$$\frac{T_2}{T_3} = \frac{42}{5} \Rightarrow T_3 = \frac{5}{42} T_2; Q_{23} = -Q = 30R(T_3 - T_2) \Rightarrow Q = 30R(T_2 - \frac{5}{42} T_2)$$



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!

$$\frac{Q}{30R} = \frac{7}{12} T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{4Q}{7 \cdot 30R}; T_3 = \frac{5Q}{30R}$$

$$Q(24 \frac{1}{24}) = \frac{7}{2} 0R (\frac{4Q}{24 \cdot 30R} - T_1) + 3 \cdot 0R (T_1 + \frac{Q}{40R} - T_2)$$

$$\frac{49}{24} \frac{Q}{0R} = \frac{7}{2} \cdot \frac{4Q}{24 \cdot 30R} - \frac{7}{2} T_1 + 3T_1 + \frac{3Q}{40R} - \frac{3 \cdot 5Q}{24 \cdot 30R}$$

$$\frac{T_1}{2} = 2 \frac{Q}{24 \cdot 30R} + \frac{3Q}{40R} - \frac{15Q}{24 \cdot 30R} - \frac{49Q}{24 \cdot 30R} \Rightarrow$$

$$T_1 = \frac{Q}{0R} (\frac{4}{3} + \frac{3}{2} - \frac{10}{24} - \frac{49}{12}) = \frac{Q}{0R} (4 + \frac{3}{2} - \frac{10}{7} - \frac{49}{12}) =$$

$$\frac{T_2}{T_3} = \frac{15}{12} \frac{12}{5} \Rightarrow T_3 = \frac{5}{12} T_2$$

$$0RT_2 = p_2 V_2; 0RT_3 = p_3 V_3; V_2 = V_3$$

$$\frac{0RT_2}{0RT_3} = \frac{p_2 V_2}{p_3 V_3} \Rightarrow \frac{T_2}{T_3} = \frac{p_2}{p_3} \Rightarrow \frac{p_2}{p_3} = \frac{5}{12} \Rightarrow \frac{p_2}{p_3} = \frac{12}{5}$$

$$\frac{p_2}{V_2} = \frac{p_1}{V_1} \Rightarrow p_1 = \frac{p_2 V_1}{V_2}; \frac{p_3}{V_3} = \frac{p_1}{V_1} \Rightarrow p_4 = p_1 = \frac{p_3 V_1}{V_3}$$

$$\Rightarrow \frac{p_2 V_1}{V_2} = \frac{p_3 V_1}{V_3} \Rightarrow V_1 = \frac{p_2 V_1 V_3}{V_2 p_3} = V_1 \cdot \frac{p_2}{p_3} \cdot \frac{V_3}{V_2} = \frac{4 \cdot 5}{4 \cdot 12} V_1 \cdot \frac{12}{5}$$

$$p_4 V_1 = p_1 \frac{12}{5} V_1 \Rightarrow 0RT_4 = \frac{12}{5} 0RT_1 \Rightarrow T_4 = \frac{12}{5} T_1 = T_1 + \frac{Q}{40R} \Rightarrow$$

$$\frac{7}{5} T_1 = \frac{Q}{40R} \Rightarrow T_1 = \frac{5Q}{28 \cdot 40R}$$

$$T_3 - T_2 = -\frac{Q}{30R} \Rightarrow (\frac{5}{12} - 1) T_2 = \frac{-Q}{30R} \Rightarrow T_2 = \frac{Q}{30R} \frac{12}{7} = \frac{4}{7} \frac{Q}{0R}$$

$$Q_2 = \frac{7}{2} 0R (T_2 - T_1) = \frac{7}{2} 0R (\frac{4}{2} - \frac{5}{28}) \frac{Q}{0R} = \frac{11}{24} \cdot \frac{7}{2} Q = \frac{77}{56} Q$$



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
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!

В прогн 2-34 24 $Q < 0$; в прогн 3-4 ~~24~~ $Q < 0$

$$\Rightarrow Q_{11} = Q_{1-2}$$

$$\eta = \frac{Q_{12}}{Q_{12}} \cdot A \cdot 100\% = \frac{\frac{Q}{24}}{\frac{77Q}{56}} \cdot 100\% = \frac{56}{24 \cdot 77} \cdot 100\% = \frac{100}{33} \% = 3 \frac{1}{3} \%$$

Ответ: 1) 3 R 2) $\frac{Q}{24}$ 3) $\frac{100}{33} \%$

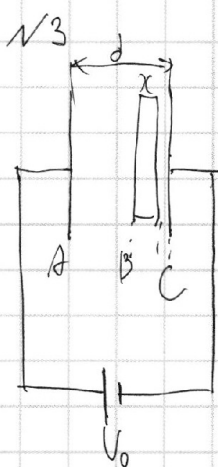


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи** отдельно.

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!



Пусть E - напряжённость в воздушном зазоре;

E_1 - напряжённость в диэлектрике; $E_1 = \frac{E}{\epsilon}$

$$\varphi_A - \varphi_B = U_0$$

$$\varphi_A - \varphi_B = \varphi_A - \varphi_B + \varphi_B - \varphi_C$$

$$\varphi_A - \varphi_B = (d-x)E \quad (d-x - \text{расст. между A и B})$$

$$\varphi_B - \varphi_C = x \cdot E_1 = \frac{x E}{\epsilon}$$

$$U_0 = (d-x)E + \frac{x}{\epsilon} E \Rightarrow E = \frac{U_0}{d + \frac{x}{\epsilon} - x} = \frac{U_0}{d - \frac{\epsilon-1}{\epsilon} x}$$

Если $x=0$ (то воздушный конденсатор)

$$E = \frac{U_0}{d} \Rightarrow U_0 = E d, \text{ но тогда же при } x=0 \text{ мм } E = 5 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$$

$$U_0 = 5 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}} \cdot 9 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 45 \text{ В}$$

Для $x=6 \text{ мм}$ по заряду $E = 9 \frac{\text{кВ}}{\text{м}} \Rightarrow \left(\begin{array}{l} E = \frac{x}{\epsilon - x + \frac{U_0}{E} - d} \end{array} \right)$

$$9 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}} = \frac{45 \text{ В}}{9 \cdot 10^{-3} \text{ м} - \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \cdot 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}} \Rightarrow 9 = \frac{45}{9 - \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \cdot 6} \Rightarrow 9 - \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \cdot 6 = 5$$

$$\Rightarrow \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \cdot 6 = 4 \Rightarrow 6\epsilon - 6 = 4\epsilon \Rightarrow \epsilon = 3$$

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

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!

N4

П.к ток возрастает линейно, то скорость возмущения распространяется
равно $\frac{dI}{dt} \approx \frac{I_1}{\tau} \Rightarrow$ в катушке $\approx \frac{L}{\tau}$ скорость возм. $\frac{I_1}{\tau}$

После выключения внешнего поля через время t по катушке,
куда ток = 0, ток идет в катушке без внешнего поля будет

увеличиваться линейно от I_1 до 0 $\Rightarrow q = \frac{I_1 \cdot t}{2}$ (как $S_{\text{треугол}}$)

но так как $\frac{LI_1^2}{2}$ - начальная энергия катушки, она все перешла в тепло Q

на резисторе $\sum Q = I_1^2 R \frac{t}{2}$; $\sum \frac{dQ}{dt} R = \frac{2R}{t}$

$\frac{LI_1^2}{2} = \frac{2R}{t} \Rightarrow \frac{L}{2R} I_1^2 = I_1 \frac{t}{2} \Rightarrow q = \frac{L}{2R} I_1 = \frac{L}{R} \frac{I_1}{2}$

$\frac{L}{2R} I_1^2 = I_1^2 \frac{t}{2} \Rightarrow t = \frac{2L}{R} \Rightarrow q = \frac{2L}{R} \cdot \frac{I_1}{2} = \frac{LI_1}{R}$

Ответ: 1) $\frac{I_1}{2}$ 2) $\frac{LI_1}{R}$



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
__ 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!

$$T_2 = \frac{7}{7} \frac{Q}{\omega R}$$

$$T_3 = \frac{5}{21} \frac{Q}{\omega R}$$

$$\frac{m v^2}{2} + \frac{k l^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$m \dot{l}^2 + k l^2 = \text{const}$$

$$\omega R T_2 = \frac{7}{7} Q \approx p_2 V_2$$

$$p_2 V_2 = \frac{7}{7} Q$$

$$p_0 V_2 = \frac{5}{21} Q$$

$$\frac{2\pi}{T}$$

$$\frac{p_2}{p_3} = \frac{7}{5} = \frac{7 \cdot 21}{5 \cdot 21} = \frac{12}{5}$$

$$\frac{7 \cdot 21}{5 \cdot 21} = \frac{12}{5}$$

$$2m \dot{l}^2 + k \cdot 2l^2 = \text{const}$$

$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \Rightarrow$$

$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \Rightarrow$$

$$V_2 = \frac{7}{5} \frac{Q}{p_2}$$

$$p_2 = \frac{12}{5} p_3$$

$$4l'' + kl = 0$$

$$\frac{p_3}{V_3} = \frac{p_4}{V_4}$$

$$\frac{p_2}{V_2} = \frac{p_3}{V_3}$$

$$\frac{p_2}{V_2} = \frac{p_3}{V_3} = \frac{7}{5} \frac{p_3^2}{Q} = \frac{p_1}{V_1}$$

$$l'' + \frac{k}{m} l = 0$$

$$T_4 = T_1 + \frac{Q}{\omega R}$$

$$W_k = W_{\text{max}} (\cos(\omega t))$$

$$\omega R T_4 = \omega R T_1 + \frac{Q}{\omega}$$

$$p_1 V_1 = V_1 p_1 + \frac{Q}{\omega}$$

$$V_1 = V_1 + \frac{Q}{\omega p_1}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$V_1 = \frac{p_1}{\omega}$$

$$p_1 = \frac{7}{5} \frac{V_1 p_1^2}{Q}$$

$$\frac{F}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

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

$$\frac{1}{m} \cdot u^2$$

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

$$p_1 = \frac{p_2 V_1}{V_2} = \frac{p_3 V_1}{V_3}$$

$$p_2 V_3 V_1 = V_2 p_3 V_4$$

$$7 \cdot 4 \cdot 2$$

$$\frac{7 \cdot 7}{32} \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\frac{p_2 V_3 V_1}{V_2 p_3} = \frac{Q}{\omega p_1 V_1}$$

$$\frac{p_2 V_3}{V_2 p_3} = 7 \cdot \frac{Q}{\omega R T_1}$$

$$\frac{1}{LC} = \omega^2$$

$$T = 2\pi \sqrt{LC} \cdot \frac{5}{12} = \frac{125}{9}$$

$$\frac{9 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 4}{9 \cdot 5 \cdot 8} = \frac{45}{56}$$

$$40 + 16 =$$

$$\frac{4}{7} = \frac{5}{28}$$

$$\frac{16-5}{28} = \frac{11}{28}$$

$$\frac{3}{7} \sqrt{\frac{9}{21}}$$

$$\frac{7}{15}$$



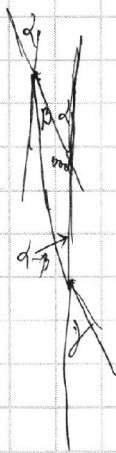
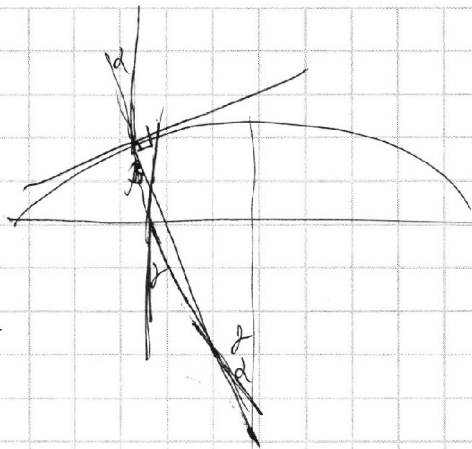
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\sin p = \frac{3}{4} \sin d$$

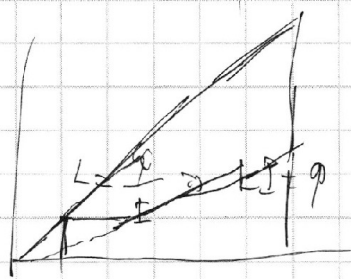
$$\sin d = \frac{4}{3} \sin p$$

$$\frac{\sin d}{\sin p} = \frac{4}{3}$$

$$180 - 180d - p = d - p$$

$$\sin p = 4 \sin d$$

$$\sin p = \frac{3}{4} \sin d$$



$$\sin p = \frac{1}{3} \sin(d-p)$$

$$\sin(d-p) = \sin d \cos p - \sin p \cos d$$

$$\frac{100}{100}$$

$$\frac{1}{2} \sqrt{R(T_1 - T_2)} = Q_n$$

$$A = \frac{Q}{24}$$

$$\frac{\sin p}{\cos p} = \frac{16-9}{5}$$

$$\sqrt{1 - \frac{9}{16} \sin^2 d}$$

$$Q = I^2 R t$$

$$\frac{Q^2 R}{t} = \frac{L I^2}{2}$$

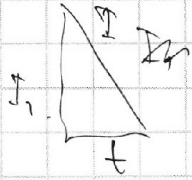
$$2 \sqrt{\frac{R}{t}} = I I_1$$

$$\frac{\ln A}{A^2} = \frac{\ln}{A \cdot \ln}$$

$$\ln = \frac{B}{A} \cdot A = B$$

$$\frac{L I_1}{R} = \frac{1}{2}$$

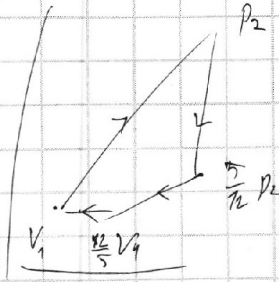
$$Q = I_1 \sqrt{\frac{L t}{2 R}}$$



$$\frac{L I_1}{2} = I_1 \sqrt{\frac{L t}{2 R}}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{L I_1}{2 R} \cdot \frac{1}{I_1} = \frac{L}{R}$$

$$\frac{\ln}{B} = \ln$$



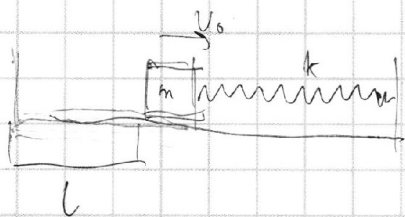


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



$$\frac{k l^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} \rightarrow k l^2 = m v_0^2$$

$$l = v_0 \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$l = v_0 \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$l = v_0 \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$V_1 = \frac{23 v_0}{9}$$

$$V_R = \frac{k l^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$\frac{23^2 v_0^2}{81} \cdot m = \frac{k v_0^2}{2}$$

$$\frac{23^2}{81} \cdot \frac{v_0^2 m}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{V_1^2 m}{2}$$

$$\frac{23^2}{81} v_0^2 = v_0^2 + V_1^2$$

$$V_1^2 = \frac{23^2 - 81}{81} v_0^2$$

$$\sqrt{\frac{23^2 - 81}{81}} v_0 = \frac{32 \cdot 26 \cdot 2}{9} v_0 = V_1$$

$$12 + 6 - 0 = 18$$

$$E = 3$$

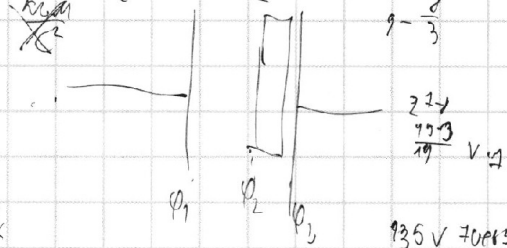
$$9E + 6 - 6E = 0$$

$$9 \cdot 10^3 = \frac{45}{9 \cdot 10^3 + 6 \cdot 10^3 \cdot \frac{1-E}{E}}$$

$$9 + 6 \cdot \frac{1-E}{E} = 0$$

$$\frac{U_0}{E} = d - \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} x \quad \left\{ \begin{array}{l} 45 \\ 9 \cdot \frac{2}{3} \cdot 4 \end{array} \right.$$

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon} x = d - \frac{U_0}{E}$$



$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon} x = d - \frac{U_0}{E}$$

$$U_0 = \epsilon E d = \epsilon E (x + x + x) = 3 \epsilon E x$$

$$U = E d$$

$$U_3 - U_2 = \frac{F}{\epsilon}$$

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

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

$$E = \frac{U_0}{d + x \frac{1-\epsilon}{\epsilon}}$$

$$x = 0$$

$$E = \frac{U_0}{d}$$

$$5 \times 10^3 \text{ V/m}$$

$$U_0 = 5 \cdot 10^3 \cdot 9 \cdot 10^{-3} = 45 \text{ V}$$



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!

$$\varepsilon_i = -L \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\frac{Q}{T_2} \geq \frac{Q}{T_1} (T_2 + T_1 - T_3 - T_4)$$

$$A_{12} = 20R(T_2 - T_1)$$

$$\frac{4}{20+6} = \frac{4}{26}$$



$$\frac{Q_{12} - Q_{23}}{Q_{12}} = \frac{A}{Q_{12}}$$

$$\frac{V}{p} = \text{const}$$

$$p \approx kV$$

$$A_{23} = 0$$

$$A_{14} = -\frac{2}{3}Q$$

$$\frac{77-20}{74} = \frac{49}{72}$$

$$\frac{T_2}{T_3} = \frac{n}{1} \Rightarrow T_3 = \frac{5}{12}T_2$$

$$24+6$$

$$\frac{Q}{T_1} = (V_2 - V_1) \cdot (p_2 - p_1) \cdot \frac{1}{2} - (V_3 - V_1) \cdot (p_3 - p_1) \cdot \frac{1}{2}$$

$$\frac{T_4 - T_3}{T_4} = \frac{1}{2}$$

$$1 - \frac{T_3}{T_4}$$

$$\frac{57}{74} - \frac{49}{72}$$

$$\frac{4}{20+6}$$

$$\frac{1}{2} \cdot 20R(T_1 - T_3)$$

$$Q = 0 \text{ (isochoric)}$$

$$C_v = \frac{5}{2}R$$

$$Q_{12} = Q$$

$$\frac{57-49}{74} = \frac{8}{74}$$

$$\frac{4}{20+6}$$

$$\frac{Q}{T_2} = \frac{V_2 p_2 - V_1 p_1 - V_3 p_3 + V_4 p_4}{T_2} = 0 \Rightarrow T_2 = T_4$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot 20R \cdot T_2 \Rightarrow 20R \cdot T_2 = A_{12}$$

$$Q = p(V_4 - V_1) + \frac{3}{2}p(V_4 - V_1)$$

$$Q = p \cdot \frac{5}{2}(V_4 - V_1)$$

$$\frac{4}{20+6}$$

$$(V_1 - V_4) \cdot \frac{5}{2}p_4 = -Q$$

$$T_4 - T_1 = \frac{2Q}{20R}$$

$$A = 0 \Rightarrow Q_{12} = Q_{23} = Q$$

$$\frac{49}{72} = \frac{49}{72}$$

$$\frac{3}{2} \cdot 20R(T_2 - T_1) = -Q$$

$$-Q = 0 \cdot C_{23}(T_3 - T_2) \Rightarrow -Q = \frac{5}{2} \cdot 20R(T_3 - T_2)$$

$$Q = \frac{Q}{R} C_{23} \Rightarrow C_{23} = \frac{3}{2}R$$

$$\frac{3}{2} \cdot 20R(T_2 - T_1) = 0 \cdot C_{23}(T_3 - T_2)$$

$$\frac{5}{2} V_1 p_1 - \frac{5}{2} V_4 p_4 = -Q$$

$$\frac{5}{2} \cdot 20R T_1 - \frac{5}{2} \cdot 20R T_4 = -Q$$

$$\frac{10-1}{12} = \frac{9}{12} = \frac{3}{4}$$

$$\frac{5}{2} \cdot 20R(T_1 - T_4) = -Q$$

$$A_{14} = p(V_1 - V_4) =$$

$$= 20R T_1 - 20R T_4 = 20R(T_1 - T_4)$$

$$Q = \frac{3}{2} \cdot 20R T_2 - \frac{3}{2} \cdot 20R T_3 = \frac{3}{2} \cdot 20R(T_2 - \frac{5}{12}T_2) =$$

$$Q = \frac{3}{2} \cdot \frac{7}{12} \cdot 20R T_2 = \frac{7}{8} \cdot 20R T_2 = Q$$

$$\frac{77-5}{72} = \frac{72}{72}$$

$$A_{14} = 20R - \frac{2Q}{\frac{5}{2} \cdot 20R} = -\frac{2}{5}Q$$

$$A_{34} = -(V_4 - V_3) \cdot \frac{1}{2} \cdot (p_3 + p_4)$$

$$\frac{V_3}{p_3} = \frac{V_4}{p_4} \Rightarrow V_3 p_4 = p_3 V_4$$

$$A_{34} = -\frac{1}{2} (V_4 p_3 + V_4 p_4 - V_3 p_3 - V_3 p_4) = \frac{1}{2} (V_3 p_3 - V_4 p_4) = \frac{1}{2} \cdot 20R T_3 - \frac{1}{2} \cdot 20R T_4 = A_{34}$$

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!

