



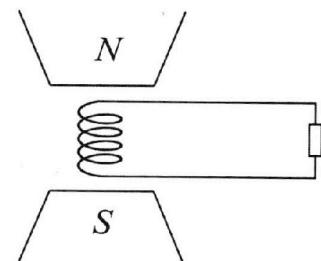
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-06



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

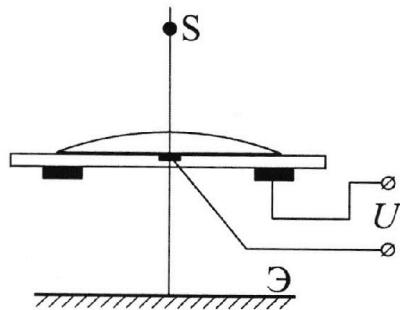
4. Катушка индуктивностью L с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением R . Внешнее поле выключают в течение времени τ . За время выключения 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 $n = 4/3$ покоятся 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.



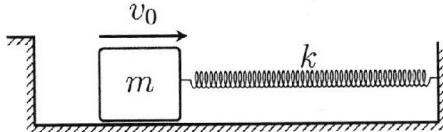
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-06



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

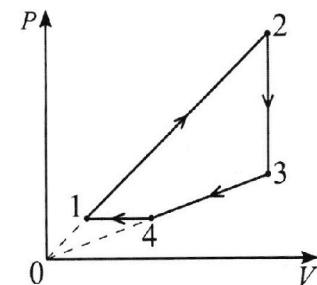
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой m прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью k (см. рис.). Уступ находится на таком расстоянии от тела, что если тело прижать к уступу и отпустить без начальной скорости, то положение равновесия тело пройдет со скоростью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

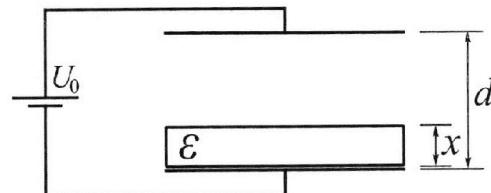
В ответе допустимы обратные тригонометрические функции.

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 $T_2/T_3 = 12/5$.

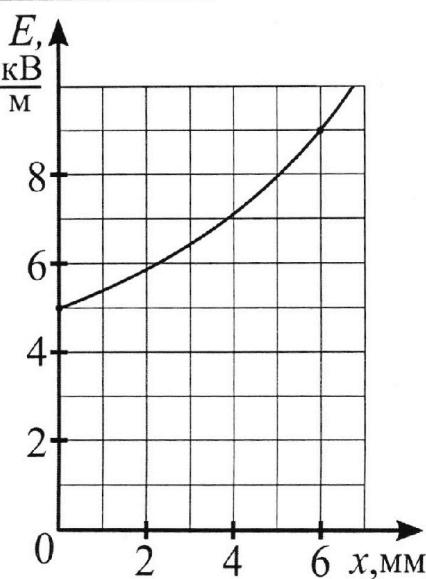


- 1) Найти молярную теплоёмкость газа в процессе 2-3.
- 2) Найти работу газа за цикл.
- 3) Найти КПД цикла.

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.





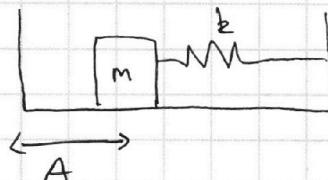
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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

M1



Посчитаем A. Если тело изначально было прижато к стене, а положение равновесия это положение с V_0 , то $Aw = V_0$.

$$m\ddot{x} = -kx \Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0 \Rightarrow x = A \cos(\omega t + \phi)$$

$$\omega^2 = \frac{k}{m} \quad x(0) = A \Rightarrow \phi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow x = A \cdot \sin \omega t$$

$$\text{и в положении равновесия } \dot{x} = Aw$$

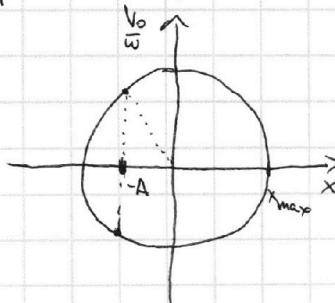
$$\Rightarrow A = \frac{V_0}{\omega} = V_0 \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Тогда, если изначально в точке равновесия задачи $V_0 \cdot \frac{23}{9}$,

то максимальное сжатие будет когда пружинка сожмется настолько, что тела будут выталкивать груз дальше, т.е. ее скорость в этот момент 0 \Rightarrow запишем ЗСЭ:

$$\frac{m(V_0 \cdot \frac{23}{9})^2}{2} = \frac{kx_{\max}^2}{2} \Rightarrow x_{\max} = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot V_0 \cdot \frac{23}{9}$$

Нарисуем разовую проекцию до первого удара.



Из ЗСЭ мы можем найти скорость в момент столкновения:

$$\frac{m(\frac{23}{9}V_0)^2}{2} = \frac{m \cdot V_A^2}{2} + k \cdot \frac{A^2}{2}$$

$$\left(\frac{23}{9}V_0\right)^2 = V_A^2 + \frac{k}{m} \cdot V_0^2 \cdot \frac{m}{k}$$

$$\Rightarrow V_A^2 = V_0^2 \left(\frac{23}{9} - 1\right) \left(\frac{23}{9} + 1\right) = V_0^2 - \frac{14 \cdot 32}{81} \Rightarrow V_A = V_0 \cdot \frac{8\sqrt{7}}{9}$$



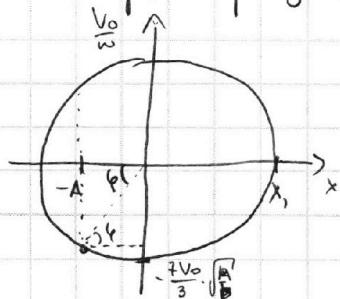
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

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

Теперь нарисуем фазовую плоскость после столкновения



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

Если б положение равновесия

$$\frac{7V_0}{3} \text{ г то } \frac{7V_0}{3} = x_1 \cdot \omega$$

$$\Rightarrow x_1 = \frac{7V_0}{3} \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Тогда на расстояние A скорость должна быть $\sqrt{\frac{7}{2}}$

$$A^2 + \frac{V_1^2}{w^2} = \frac{49}{9} V_0^2 \cdot \frac{m}{k} \quad \leftarrow \text{т. Пифагор}$$

$$V_0 \cdot \frac{m}{k} + V_1 \cdot \frac{m}{k} = \frac{49}{9} V_0^2 \cdot \frac{m}{k} \Rightarrow V_1^2 = \frac{40}{9} V_0^2 \Rightarrow V_1 = \frac{2\sqrt{10}}{3} V_0$$

Тогда, за одно вращение обстакну $k = \frac{V_A}{V_1} = \frac{\frac{8}{3}\sqrt{7}}{\frac{2\sqrt{10}}{3}} = \frac{4\sqrt{10}}{3}$ уменьшила скорость

$$\Rightarrow \text{после второго удара } V_2 \text{ стаки} = \frac{V_A}{k^2} = V_0 \cdot \frac{8}{3} \cdot \sqrt{7} \cdot \frac{1}{4 \cdot \sqrt{10}} = \frac{2\sqrt{10}}{5} V_0$$

\Rightarrow б положение равновесия из фазовой плоскости

$$\left(\frac{V_2}{w}\right)^2 = A^2 + \left(\frac{V_1}{w}\right)^2 \quad V_2^2 = V_0^2 + \frac{4}{81} \cdot 60 V_0^2 = \frac{121}{81} V_0^2$$

$$V_2 = \frac{11}{9} V_0$$



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

1

2

3

4

5

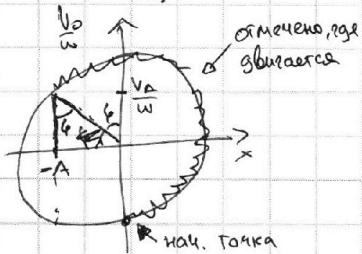
6

7

СТРАНИЦА
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!

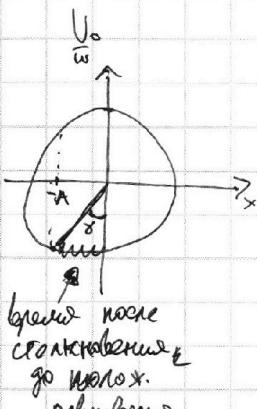
Теперь посчитаем, в какое время тело придет положение равновесия.



$$\operatorname{ctg} \phi = \frac{V_A}{w_A} = \frac{V_0 \cdot \frac{8\sqrt{7}}{3} \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}}{V_0 \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}} = \frac{8\sqrt{7}}{3}$$

\Rightarrow Время, до первого столкновения =

$$t_1 = \frac{T}{2} + \frac{T}{2} \cdot \frac{\pi}{\operatorname{arctg}(\frac{8\sqrt{7}}{3})} = \frac{T}{2} \left(1 + \frac{\operatorname{arctg}(\frac{8\sqrt{7}}{3})}{\pi} \right)$$



$$\operatorname{ctg} \chi = \frac{V_1}{w_A} = \frac{2\sqrt{10}}{3}$$

$$\Rightarrow t_2 = \frac{T}{2} \cdot \frac{\pi}{\operatorname{arctg}(\frac{2\sqrt{10}}{3})} = \frac{T}{2} \cdot \frac{\operatorname{arctg}(\frac{2\sqrt{10}}{3})}{\pi}$$

$$\Rightarrow \text{Всё время } t = t_1 + t_2 = \frac{T}{2} \left(1 + \frac{\operatorname{arctg}(\frac{8\sqrt{7}}{3}) + \operatorname{arctg}(\frac{2\sqrt{10}}{3})}{\pi} \right)$$

$$\text{затем } T = \frac{2\pi}{w} = L\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow$$

Dabei:

$$1) x_{\max} = \sqrt{\frac{m}{k}} V_0 \cdot \frac{2\pi}{3}$$

$$2) V_2 = \frac{11}{3} V_0$$

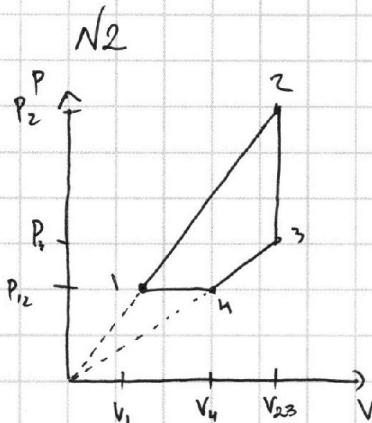
$$3) t = \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \left(1 + \frac{\operatorname{arctg}(\frac{8\sqrt{7}}{3}) + \operatorname{arctg}(\frac{2\sqrt{10}}{3})}{\pi} \right)$$



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 7СТРАНИЦА
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!



Т.к. 1-2 и 2-3 лежат на прямых, проходящих через 0;0 $\Rightarrow P=k \cdot V^b$

таких случаях. $\Rightarrow PV^{-1} = \text{const}$

$PV^{-1} = \text{const}$ - политропный процесс с $n=-1$

$$n = \frac{c - c_p}{c - c_v} \quad c - \text{ теплоемкость процесса}$$

$$c_v = \frac{i}{2} R \quad c_p = \left(\frac{i}{2} + 1\right) R \quad \Rightarrow$$

$$-1 = \frac{c - c_p}{c - c_v} \quad c_v - c = c - c_p \quad c = \frac{c_v + c_p}{2} = \left(\frac{i+1}{2}\right) R$$

$$\text{По условию, } c = \frac{7}{2} R \Rightarrow \frac{7}{2} = \frac{i}{2} + \frac{1}{2} \Rightarrow i = 6. \text{ Тогда } c_p = 4R \quad c_v = 3R$$

Найдем const для процессов 1-2 и 3-4:

$$P_2 V_2 = \text{const} = \frac{\partial R T_2}{V_2^2} \quad 1-2 = \frac{\partial R T_1}{V_1^2}$$

$$P_3 V_3 = \text{const} = \frac{\partial R T_3}{V_3^2} \quad 3-4 = \frac{\partial R T_4}{V_4^2}$$

$A = \int_{V_1}^{V_2} P dV$ по определению, где V_1 - нач. объем, V_2 - конечный \Rightarrow

$$A_{12} = \frac{\partial R T_2}{2 V_{23}} (V_{23}^2 - V_1^2) \quad A_{23} = 0 \quad A_{34} = \frac{\partial R T_3}{2 V_{23}} (V_4^2 - V_{23}^2) \quad A_{41} = P_{14} (V_1 - V_4)$$

Условие, теряется Q тепла на 2-3 и 4-1 \Rightarrow замещен начальном теплом на этих процессах

$$\Delta Q = \Delta U + A_c$$

$$-Q = \frac{i}{2} \cdot V_{23} \cdot (P_3 - P_2) = \frac{i}{2} \partial R (T_3 - T_2)$$

$$-Q = P_{14} (V_1 - V_4) + \frac{i}{2} (P_{14} V_1 - P_{14} V_4) = P_{14} \cdot \left(\frac{i}{2} + 1\right) (V_1 - V_4)$$



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 7СТРАНИЦА
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!

Запишем суммарную работу:

$$\dot{A}_{\Sigma} = P_{in} \cdot (V_1 - V_4) + \frac{\partial R T_2}{2V_{23}^2} (V_{23}^2 - V_1^2) + \frac{\partial R T_3}{2V_{23}^2} (V_4^2 - V_{23}^2)$$

$\underbrace{-\frac{Q}{i+1}}$
 $\underbrace{\frac{\partial R (T_2 - T_3)}{2}} + \underbrace{\frac{\partial R}{2} \left(\frac{V_4^2 \cdot T_3 - V_1^2 \cdot T_2}{V_{23}^2} \right)}$
 $= +\frac{Q}{i}$
 $\frac{\partial R}{2} (T_4 - T_1) = \frac{\partial R}{2} \left(\frac{P_{in} V_4}{\partial R} - \frac{P_{in} V_1}{\partial R} \right) = \frac{P_{in} (V_4 - V_1)}{2} = \frac{Q}{i+2}$

$$A_{\Sigma} = \frac{Q}{i} - \frac{2Q}{i+2} + \frac{Q}{i+2} = \cancel{\frac{Q}{i}} = \frac{Q}{i} - \frac{Q}{i+2} = \frac{Q}{6} - \frac{Q}{8} = \frac{Q}{24}$$

КПД цикла $\eta = \frac{A}{Q_H}$ $Q_H = Q_{12}$, остальные Q_x

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U = \underbrace{\frac{\partial R T_2}{2}}_{A_{12}} - \underbrace{\frac{\partial R T_1}{2}} + \underbrace{\frac{i}{2} (\partial R T_2 - \partial R T_1)}_{\Delta U} = \frac{(i+1)}{2} \cdot \partial R (T_2 - T_1)$$

$$\eta = \frac{Q \cdot \frac{2}{i(i+2)}}{\frac{(i+1)(i+1) \cdot \frac{2}{i}}{i}} = \frac{2}{i(i+2)(i+1)} = \frac{2}{(i+2)(i+1)} = \frac{2}{10 \cdot 9} = \frac{1}{45}$$

Ответ: $C_{23} = 3R$

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

$$\eta = \frac{1}{45}$$



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!

№3

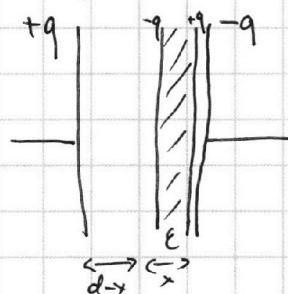
Предположим, что две пластины конденсатора находятся под напряжением.

Найдём, как распределяется поле между конденсатором.

$$\text{Схема: } U_0 \xrightarrow{\text{---}} \begin{array}{|c|c|} \hline & q \\ \hline & q \\ \hline \end{array} \quad U_0 = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} \Rightarrow q = U_0 \cdot \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$\Rightarrow U_1 = \frac{q}{C_1} = U_0 \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2}$$

Рассмотрим конденсатор с ёмкостью.



Т.к. заряд из конденсатора не уходит, то на границах сред появляются ~~заряды~~ заряды.

Заметим, что такую ситуацию можно разбить

на несколько конденсаторов:

$$\begin{array}{|c|c|} \hline & q \\ \hline & q \\ \hline \end{array} \quad \Rightarrow C_1 = \frac{S\epsilon_0}{d-x}, \quad C_2 = \frac{S\epsilon_0}{x}$$

Тогда, если нам дан график $E(x)$ в воздушной части, то это в

конденсаторе с ёмкостью C_1 $\Rightarrow E(x) \cdot (d-x) = U_1 = U_0 \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2} = U_0 \cdot \frac{S\epsilon_0/x}{d-x + S\epsilon_0/x} \Rightarrow$

$$E(x) = U_0 \cdot \frac{1}{(d-x) \cdot \left(\frac{x}{\epsilon_0} + 1\right)} = \frac{U_0}{d-x \cdot \frac{\epsilon_0-1}{\epsilon_0}}$$



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**.

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

Посмотрим на график.

$$x_1 = 0 \text{ мм} \quad E = 5 \frac{\text{kB}}{\text{m}} \quad x_1 = 0 \text{ м} \quad E_1 = 5000 \frac{\text{B}}{\text{m}}$$

$$x = 6 \text{ мм} \quad E = 3 \frac{\text{kB}}{\text{m}} \quad \Rightarrow \quad x_2 = 0,006 \text{ м} \quad E_2 = 3000 \frac{\text{B}}{\text{m}}$$

Подставим числа в функцию $E(x)$:

$$\left\{ \begin{array}{l} E_1 = \frac{U_0}{d - x_1 \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon}} \\ E_2 = \frac{U_0}{d - x_2 \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon}} \end{array} \right.$$

~~$$E_1 \cdot d - E_1 \cdot x_1 \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon} = E_2 \cdot d - E_2 \cdot x_2 \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon}$$~~

$$\begin{aligned} & \text{если } x_1 = 0 \Rightarrow E_1 = \frac{U_0}{d} \Rightarrow U_0 = E_1 \cdot d = 5000 \cdot 0,003 = 15 \text{ B} \\ & \Rightarrow d - x_2 \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon} = \frac{U_0}{E_2} = \frac{E_1 \cdot d}{E_2} \end{aligned}$$

$$x_2 \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon} = d - d \cdot \frac{E_1}{E_2} = d \cdot \frac{E_2 - E_1}{E_2}$$

$$1 - \frac{1}{\epsilon} = \frac{d}{x_2} \cdot \frac{E_2 - E_1}{E_2}$$

$$\frac{1}{\epsilon} = 1 - \frac{d}{x_2} \cdot \left(1 - \frac{E_1}{E_2}\right) = 1 - \frac{d}{x_2} + \frac{d}{x_2} \cdot \frac{E_1}{E_2} = \frac{x_2 E_2 - d E_2 + d E_1}{x_2 E_2}$$

$$\Rightarrow \epsilon = \frac{x_2 E_2}{x_2 E_2 - d E_2 + d E_1} = \frac{0,006 \cdot 3000}{0,006 \cdot 3000 - 0,003 \cdot 3000 + 0,003 \cdot 5000} = \frac{34}{34 - 81 + 45} = \frac{34}{18} = \frac{17}{9} = 1,88$$

Ответ: $U_0 = 45 \text{ B}$ $\epsilon = 1,88$



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

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

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 Т.к. есть замкнутая, то ток всегда общий. Когда меняется внешнее поле, меняется поток через катушку \Rightarrow появляется $E_{\text{наг.}} = \frac{d\Phi}{dt} \rightarrow$ Т.к. имеется ток возрастает, то ~~т.к.~~ из этого можно сделать вывод что по какому закону магнитное поле от времени.

~~Задача~~ $\Phi = B \cdot S \cdot n$ - общий поток

$$I_1 = \frac{B \cdot S_1 \cdot n}{L}$$

$$E_{\text{наг.}} = I_1 R = \frac{BS_1n}{L} = \frac{S_1 n \cdot dB}{dt} \Rightarrow \text{т.к. } B^2 \sim t$$

и можно подставить

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.



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

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!

№5

$$\text{Решение методом} \quad \frac{1}{F} = (n-1) \cdot \frac{1}{R} \Rightarrow F_0 = 3 R_0$$

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

Если предмет g покусал:

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

($a > F$)

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

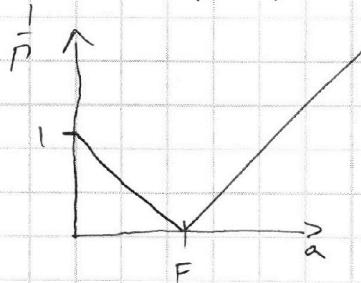
$$P = \frac{b}{a} \Rightarrow \frac{1}{P} = \frac{a}{b}$$

$$1 - \frac{a}{b} = \frac{\alpha}{F}$$

$$1 + \frac{a}{b} = \frac{\alpha}{F}$$

$$\frac{1}{P} = 1 - \frac{\alpha}{F}$$

$$\frac{1}{P} = \frac{\alpha}{F} - 1$$



$$\text{При } U = 0 \text{ В } R_0 = 2 \text{ см}$$

$$U_1, \quad P = \frac{5}{3} \Rightarrow \frac{1}{P} = \frac{3}{5} \Rightarrow \frac{3}{5} = \frac{\alpha}{F} - 1 \Rightarrow F = \frac{5}{8} \alpha$$

$$U_2, \quad P = \frac{1}{3} \Rightarrow \frac{1}{P} = 3 \Rightarrow 3 = \frac{\alpha}{F} - 1 \Rightarrow F = \frac{4}{2} \alpha$$

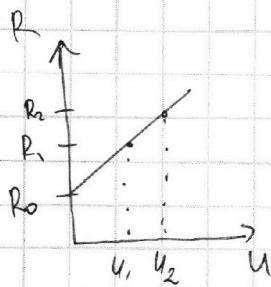
Теперь ~~найдем~~ выражим α через F .

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \Rightarrow \alpha = \frac{F \cdot b}{b - F_0} \Rightarrow F_1 = \frac{5}{8} \cdot \frac{24 F_0}{24 - F_0} = \frac{15 F_0}{24 - F_0}$$

$$F_2 = \frac{6 F_0}{24 - F_0}$$

$$\text{Тогда } R_1 = F_1(n-1) = \frac{5 F_0}{24 - F_0} = \frac{15 R_0}{24 - 3 R_0}$$

$$R_2 = F_2(n-2) = \frac{6 F_0}{24 - F_0} = \frac{6 R_0}{24 - 3 R_0}$$



$$\Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{R_2 - R_0}{R_1 - R_0} = \frac{6 R_0 - 2 R_0}{15 R_0 - 3 R_0} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3}$$

$$\text{Ответ: 2) } U = \frac{U_2}{U_1}$$



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**.

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

Diagram showing a lens forming a real image of a real object. The object is at distance x from the lens, and the image is at distance α . The lens has focal length F and radius of curvature R . The angle between the object and the image is δ .

$B \times F \cdot \alpha = R \quad \delta = \frac{R\alpha}{x} = \frac{x}{F}$

$\alpha = \frac{R\delta}{x}$

$\frac{x}{c} \cdot n + \frac{(F-x)}{c} = \frac{R\delta}{\alpha c} + \frac{x}{c}$

$xn + F - x = R \cdot \frac{\delta}{\alpha} + x$

$x(n-1) + F - x = R - \frac{\delta}{\alpha}$

$ma = -kx$

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

ω^2

$x = A \cdot \cos(\omega t + \phi)$

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

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

$\ddot{x} + A \omega \cdot \cos \omega t = 0$

$t = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2\omega}$

$\frac{m(\frac{V_0}{g})^2}{2} = \frac{kx^2}{2}$

$x = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot V_0 \cdot \frac{23}{g}$

$V_0 \over \omega$

$A = \frac{V_0}{\omega} = V_0 \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$

Diagram of a rotating circular object with radius r_m and center at distance r from the axis of rotation. The object rotates with angular velocity ω .



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**.

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

СТРАНИЦА
ИЗ

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

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

$$\beta = \frac{d\Phi}{dt} \quad \mu_0 I n$$

$$F = \frac{B \cdot S \cdot n}{L} \quad I = \frac{B_i \cdot S \cdot n}{L}$$

$$\epsilon = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{B \cdot S \cdot n}{L}$$

$$I_1 =$$

$$\partial R(T_3 - T_2) = \frac{Q}{i}$$

$$Q = \frac{i}{2} \partial R (T_3 - T_2) = \frac{i}{2} \cdot V_{23} \cdot (P_2 - P_3) = P_{14} \cdot \left(\frac{i}{2} + 1\right) \cdot (V_4 - V_1)$$

$$A = -\frac{Q}{\frac{i+1}{2}} - \cancel{\frac{\partial R T_2}{2}} - \frac{\partial R T_2}{2} \cdot \frac{V_1^2}{V_{23}} + \cancel{\frac{\partial R T_3}{2}} \cdot \frac{V_4^2}{V_{23}} - \cancel{\frac{\partial R T_3}{2}} - \frac{Q}{i}$$

$$\frac{V_4}{T_4} = \frac{V_1}{T_1}$$

$$-\frac{Q \cdot 2}{i+2} - \frac{Q}{i} + \frac{P_{14}^2}{2V_{23}^2} \cdot \frac{2Q}{i}$$

$$\frac{\partial R}{2} \left(\frac{V_4^2 \cdot T_3 - V_1^2 \cdot T_2}{V_{23}^2} \right) = \frac{\partial R}{2} \left(T_3 \cdot \frac{P_{14}^2}{P_3^2} - T_2 \cdot \frac{P_{14}^2}{P_2^2} \right)$$

$$\frac{P_{14}}{V_4} = \frac{P_3}{V_{23}}$$

$$V_4 = V_{23} \cdot \frac{P_{14}}{P_3}$$

$$P_{14} \cdot V_1 = \partial R T_1 \quad P_2 \cdot V_{23} = \partial R T_2$$

$$\frac{P_{14}}{V_1} = \frac{P_2}{V_{23}}$$

$$V_1 = V_{23} \cdot \frac{P_{14}}{P_2}$$

$$P_{14} \cdot V_4 = \partial R T_4 \quad P_3 \cdot V_{23} = \partial R T_3$$

$$T_1 = T_4 \cdot \frac{V_1}{V_4}$$

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

$$\frac{T_2}{V_2^2} = \frac{T_1}{V_1^2} \Rightarrow \frac{\partial R}{2}$$

$$\frac{\partial R}{2} (T_4 - T_1)$$

$$\frac{P_3}{V_3} = \frac{P_1}{V_1}$$

$$P_1 V_1$$

$$\frac{T_3}{V_3^2} = \frac{T_4}{V_4^2} \Rightarrow \frac{\partial R}{2}$$

$$\frac{P_1 V_1}{\partial R}$$

$$P_3 = \frac{P_4 \cdot V_3}{V_4}$$

$$P_3 V_1 = \frac{P_4 V_3}{\partial R T_3}$$

$$\frac{P_3 \cdot V_3}{P_1 \cdot V_2} \cdot \frac{V_4}{V_1}$$

$$T_1 = \frac{P_4^2 \cdot V_3 \cdot V_1}{\partial R^2 \cdot T_3 \cdot V_4}$$

$$\frac{P_{14} \cdot V_4}{2}$$

$$\begin{aligned} \partial R T_3 &= \frac{P_4 \cdot V_3}{V_4} \\ \partial R T_4 &= \frac{P_4 \cdot V_4}{V_1} \\ T_4 &= \frac{P_4 \cdot V_4}{\partial R} = \frac{P_4^2 \cdot V_3}{\partial R^2 \cdot T_3} \end{aligned}$$

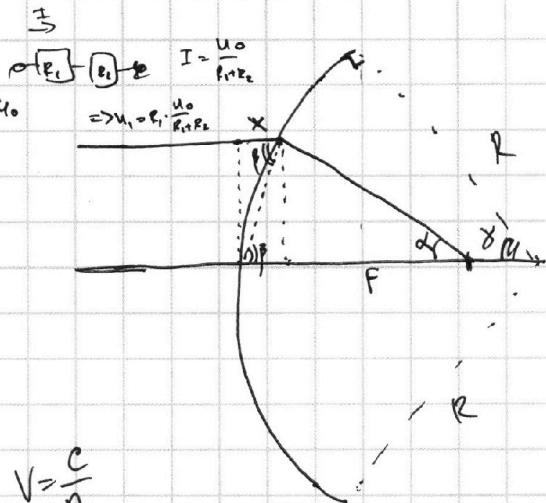
$$\partial R (T_2 - T_3) = \frac{2Q}{i}$$

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**.

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

СТРАНИЦА
ИЗ

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



$$t = \frac{x}{c} + \frac{R n}{\alpha c}$$

$$\frac{R}{c} n$$

$$\alpha = \frac{H}{F} \quad \beta = \frac{H}{F} \quad \alpha \cdot F = \beta \cdot x$$

$$x = \frac{\alpha}{\beta} \cdot F$$

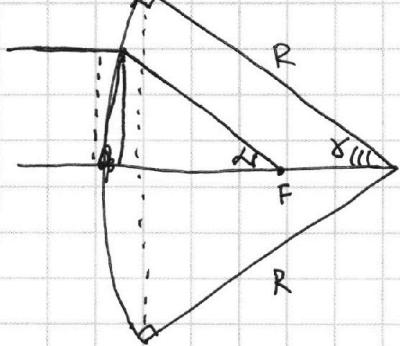
$$\frac{R}{c} \cdot n = \frac{x}{c} + \frac{F}{c} \cdot n$$

$$R \cdot n = x + \frac{F}{c} \cdot n = F \cdot \frac{x}{\beta} + F \cdot \frac{n}{\alpha}$$

$$\frac{q}{c_1} + \frac{q}{c_2} = U_0 \quad \text{--- parallel lines diagram}$$

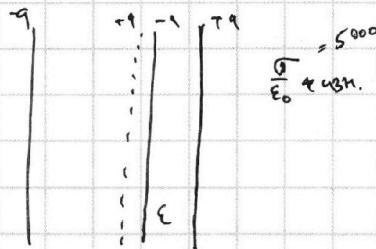
$$q = U_0 \cdot \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} \quad U_1 = U_0 \cdot \frac{c_2}{c_1 + c_2} = U_0 \cdot \frac{\frac{x}{c}}{\frac{x}{c} + \frac{F \cdot n}{c}} = U_0 \cdot \frac{x}{x + F \cdot n} \quad R = F \left(\frac{\alpha}{\beta} + \frac{n}{\alpha} \right)$$

$$E(x) = \frac{U_0}{\frac{d-x+\frac{x}{\epsilon}}{\epsilon}} = \frac{U_0}{d-\frac{x(\epsilon-1)}{\epsilon}} = \frac{U_0}{d-x \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon}} \quad F \cdot \frac{n}{c} \cdot \left(1 - \frac{1}{\alpha} \right) = \frac{\alpha-1}{\alpha} = \frac{n}{c} \cdot \frac{F \alpha - F}{\alpha} = \frac{x}{c}$$



$$C = \frac{q}{U}$$

$$\frac{q_1}{c_1} + \frac{q_2}{c_2} = \frac{U_0}{q}$$



$$C_1 = \frac{S \epsilon_0 \epsilon_2}{x} \quad \& \quad C_2 = \frac{S \epsilon_0}{d-x}$$

$$\frac{d-x}{S \epsilon_0} + \frac{x}{S \epsilon_0} = \frac{U_0}{q} \quad C_2 = \frac{S \epsilon_0}{d-x} \quad C_1 = \frac{S \epsilon_0 \epsilon_2}{x}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{x}{S \epsilon_0 \epsilon_2} + \frac{d-x}{S \epsilon_0} = \frac{d \epsilon - x \epsilon + x}{S \epsilon_0 \epsilon_2} =$$

$$\Rightarrow C = \frac{S \epsilon_0 \epsilon_2}{d \epsilon - x \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon}} = \frac{S \epsilon_0 \epsilon_2}{E(x) \cdot d}$$

$$= \frac{d \epsilon - x \cdot (\epsilon-1)}{S \epsilon_0 \epsilon_2} = \frac{d - x \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon}}{S \epsilon_0}$$

$$E(x) = \frac{S}{d \epsilon_0} \cdot (d - x \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon}) = \frac{S}{\epsilon_0} - \frac{S \cdot x}{\epsilon_0} \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \quad d - x \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon} = \frac{S \epsilon_0 U_0}{q}$$

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

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**.



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

СТРАНИЦА
ИЗ

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

Diagram of a thermodynamic cycle with states 1, 2, 3, 4 and intermediate points 1', 2', 3'. The cycle consists of four processes: 1-2, 2-3, 3-4, and 4-1. The cycle is closed, indicated by a circle around the points.

Equations for the cycle:

$$\frac{P}{V} = \text{const} + R$$

$$P = R \cdot V$$

$$P \cdot V^{-1} = \text{const}$$

$$n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$$

$$C_v = \frac{\dot{c}}{2} R$$

$$C_p = \frac{\dot{c}}{2} R + R$$

$$C_v - C = C - C_p$$

$$C = \frac{C_v + C_p}{2} = \frac{\left(\frac{\dot{c}}{2} + 1 + \frac{\dot{c}}{2}\right)R}{2} = \left(\frac{\dot{c}}{2} + 1\right)R$$

$$\frac{i}{2} = \frac{j}{2} + \frac{k}{2} \Rightarrow i = 6$$

$$\frac{P}{T} = \text{const}$$

$$P \cdot V^{-1} = \text{const}$$

$$V = \frac{P_1}{P_2} \cdot V_{23}$$

$$\frac{P_{14}^2}{2P_3} \cdot \frac{P_3}{P_2} = \frac{P_{14}^2 \cdot V_3^2}{2} = \frac{P_{14}^2 \cdot \frac{R \cdot T_3}{V_3}}{2} = \frac{P_{14}^2 \cdot R \cdot T_3}{2V_3}$$

$$P_{14} = V_{23} \cdot \frac{V_1}{P_2}$$

$$\frac{1}{6} \cdot \frac{1}{2} = \frac{6-6}{48} = \frac{2}{48}$$

$$P_2 = \frac{\partial P}{\partial V} \cdot T_2$$

$$P_2 \cdot V_2 = \partial P T_2$$

$$\frac{P_2}{V_2} = \frac{\partial P}{\partial V} \cdot T_2$$

$$P_1 = \text{const}$$

$$P_1 = \frac{\partial P}{\partial V} \cdot T_1$$

$$A = \int p dV$$

$$P_2 = \frac{\partial P}{\partial V} \cdot T_2$$

$$P_1 = \frac{\partial P}{\partial V} \cdot T_1$$

$$A_{12} = \int k \cdot V dV = \frac{k_1 V_2^2}{2}$$

$$A_{23} = \int k \cdot V dV = \frac{k_2 V_3^2}{2}$$

$$A_{34} = \int k \cdot V dV = \frac{k_3 V_4^2}{2}$$

$$A_{41} = P_{14} \cdot (V_1 - V_4)$$

$$\sum A = \frac{\partial P}{\partial V} \cdot T_2 \left(V_{23}^2 - V_1^2 \right) + \frac{\partial P}{\partial V} \cdot T_3 \left(V_4^2 - V_{23}^2 \right) + P_{14} \underbrace{\left(V_1 - V_4 \right)}_{-\frac{Q}{k+1}}$$

$$\frac{\partial P}{\partial V} \left(V_{23}^2 \cdot (T_2 - T_3) + T_3 \cdot V_4^2 - T_2 \cdot V_1^2 \right) = \frac{Q}{k+1}$$

$$\left(\frac{\partial P(T_2 - T_3)}{2} + \frac{P_{14}^2}{2V_{23}} (\partial P T_3 - \partial P T_2) \right)$$

$$P_2 - P_3 = \partial P \left(\frac{T_2 - T_3}{V_{23}} \right) = \frac{\partial P (T_2 - T_3)}{V_{23}}$$

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{\partial P}{\partial V} \cdot T_2 = k_1$$

$$\frac{P_3}{V_{23}} = \frac{\partial P}{\partial V} \cdot T_2 = k_2$$

$$\frac{P_4}{V_4} = \frac{\partial P}{\partial V} \cdot T_3 = k_3$$

$$Q = \frac{1}{2} \cdot V_{23} (P_2 - P_3)$$

$$-Q = P_{14} (V_1 - V_4) + \frac{1}{2} \cdot P_{14} (V_1 - V_4)$$

$$Q = P_{14} \left(\frac{1}{2} + 1 \right) (V_4 - V_1)$$

$$Q = 0 + Q = \frac{1}{2} \cdot V_{23} (P_2 - P_3)$$



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 7СТРАНИЦА
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!

$$\frac{1}{a} \pm \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{a}{F} = I \Leftrightarrow \frac{a}{b}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{a}{F} \pm 1$$

$$\text{если } a < F: \quad \frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

$$1 - \frac{a}{b} = \frac{a}{F}$$

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

$$a > F: \quad \frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

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

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

$$U_0 = R_0 = 2$$

$$U_1 \quad R = \frac{5}{3} \quad \frac{1}{F} = \frac{3}{5}$$

$$U_2 \quad R = \frac{1}{3} \quad \frac{1}{F} = 3$$

$$\frac{3}{5} = \frac{a}{F_1} - 1 \quad \cancel{3} = \frac{a}{F_2} - 1$$

$$F_1 = \frac{5}{8}a$$

$$F_2 = \frac{a}{4}$$

$$F_1 = \frac{5}{8} \cdot \frac{R_0 F_0}{24 - F_0} = \frac{15 F_0}{24 - F_0}$$

$$\Rightarrow R_2$$

$$R = \frac{1}{3}F \Leftrightarrow R_1 = \frac{15 R_0}{24 - 3 R_0}$$

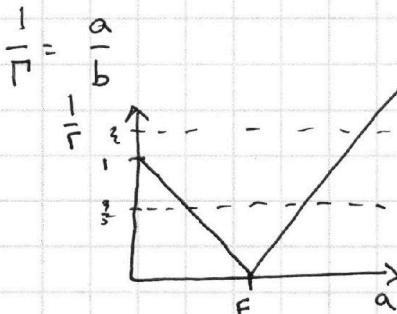
$$\frac{h_2}{S \cdot t}$$

$$Q_{12} = \frac{\partial R T_2}{2 V_2^2} (V_2^2 - V_1^2) + \frac{c}{2} (P_2 \cdot V_2 - P_1 \cdot V_1)$$

$$= \frac{\partial R T_2}{2} - \frac{\partial R T_2}{2 V_2^2} \cdot V_1^2$$

$$\frac{\partial R T_1}{2 V_1^2} - \frac{\partial R T_1}{2}$$

$$\frac{c}{2} (R T_2 - R T_1)$$



$$\frac{1}{F} = (n-1) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_2} \right) \quad R_2 = \infty$$

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

$$F = \frac{R}{n-1}$$

$$R(U) = R_0 + k \cdot U$$

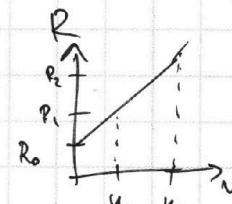
$$n = \frac{U}{F_0} \Rightarrow F = \frac{R_0}{\frac{1}{F}} = 3 R_0$$

$$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

$$\frac{b}{F_0} = 1 + \frac{b}{a}$$

$$\frac{b - F_0}{F_0} = \frac{b}{a}$$

$$a = \frac{F_0 \cdot b}{b - F_0}$$



$$F_2 = \frac{6 R_0}{24 - 3 R_0}$$

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

$$\frac{\frac{12}{18} - 2}{\frac{30}{18} - 2} = -\frac{1}{3}$$